NAEHRSTOFF-
GEHALT IN
DER GERSTE.

HAESSNER.

633.19
H11

No.

DEPARTMENT OF

633.9H 11

LIBRARY OF THE

~~Agricultural Experiment Station~~,

UNIVERSITY OF ILLINOIS.

Books are not to be taken from the Library Room.

235=1904

Untersuchungen

über den Nährstoffgehalt in den Wurzeln und Körnern der Gerste und Verhalten desselben zu den im Boden vorhandenen assimilirbaren Pflanzen-Nährstoffen.

235

Inaugural-Dissertation

der philosophischen Facultät zu Jena

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Louis Reinhold Haessner
aus Kleinbockedra.

Jena 1887

Druck von G. Neuenhahn.

Wenn man einige Jahre auf dem Gebiete der Landwirtschaft zurückgreift, so findet man, dass sich dieselbe in den letzten Decennien ungeheuer aufgeschwungen hat, dass sie immer mehr danach strebte sich als selbständige Wissenschaft zu entwickeln. Im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts war noch sehr wenig über die Lebensbedingungen der Pflanzen bekannt. Man sah wohl, dass die Vegetation der Pflanzen durch Regen, Thau und Sonnenschein befördert wurde, dass die Bodenerträge durch Düngung mit Tier- und Menschenexkrementen erhöht wurden; aber mit den wirklichen Bedingungen, welche zum Gedeihen einer Pflanze nötig sind, war man völlig unbekannt. Man schrieb dem Stallmist eine eigentümliche Beschaffenheit zu, die er auf seinem Wege durch den Tierkörper erhalte, und die nicht ersetzt werden könne. Ausserdem glaubte man, dass in dem Samen und dem Boden innere Kräfte verborgen lägen, welche die Ursache zur Erzeugung von Feldfrüchten wären. Teilweise war man sogar der Meinung, dass es in dem Willen des Menschen läge Feldfrüchte zu erzeugen und dass die Erzeugungskraft von Früchten an die Individualität des Menschen gebunden sei. Indem man den Boden ausruhen liess und ihn mit Stallmist düngte, glaubte man ihm die Kraft zum Erzeugen von Pflanzen wieder gegeben zu haben und hielt den Boden auf diese Weise daher teilweise für den Selbsterzeuger seiner Kraft.

Diese Ansichten wurden verdrängt durch die sogenannte Humustheorie. Dieselbe erkannte den Humus als Träger der Vegetationskraft an. Man beurteilte die Bodenkraft nach dem Gehalt an Humus und in Folge dessen auch die Höhe der Bodenerträge.

a. D. 553

Die Wirkungen einzelner Mineraldünger auf die Entwickelung verschiedener Pflanzen waren zwar nicht unbeachtet geblieben, aber man hielt sie nur für Reizmittel. Da man in dem Humus die Bodenkraft vereinigt sah, so war natürlich der ganze praktische Betrieb darauf eingerichtet, um so viel als möglich Humus zu erzeugen. Als den Hauptbildner von Humus sah man den Stallmist an, und die Folge war, dass man die Herstellung von Stallmist auf jede Art und Weise zu fördern suchte. Man bezeichnete gewisse Pflanzen, nämlich die Futterpflanzen, als Misterzeuger, und da man möglichst viel Mist zu erzeugen suchte, spielten die Futterpflanzen im landwirtschaftlichen Betriebe eine sehr wichtige Rolle. Mit dem Anbau von Futterpflanzen glaubte man ausserdem noch den Boden zu schonen und zu verbessern, während Getreidearten und gewisse Handelsgewächse als den Boden erschöpfende und beraubende Pflanzen angesehen wurden. Man meinte, dass in den Heuarten und Futterpflanzen gewisse Stoffe in gleichem Masse vorhanden seien, und dass die Wirkung des Stalldüngers überall ein und dieselbe sei, obgleich schon die Wirkung des Gypses und Mergels auf das Wachstum der Kleearten vollständig bekannt war.

In dieser Zeit war es, wo die Chemie ihre innere Ausbildung so vervollständigt hatte, dass dieselbe auch auf andere Gebiete ihr Augenmerk richten und die Entwickelung derselben verfolgen konnte. Man beobachtete die Ernährungsvorgänge und das, was aus der Nahrung im Pflanzenkörper wurde. Man untersuchte den Boden verschiedener Gegenden und fand natürlich, dass derselbe in Bezug auf seine Bestandteile überall verschieden war. Von dem Boden wandte man sich zu den Pflanzen selbst. Man fand jedoch sehr bald, dass die Pflanzen gewisse Stoffe in sich bargen, die sich bei jeder Pflanze vorfanden, mochten die Pflanzen auch auf ganz verschieden zusammengesetzten Böden gewachsen sein. Auf diese Weise erkannte man die Notwendigkeit der Aschenbestandteile zum Aufbau des Pflanzenkörpers.

Vor allem ist es Justus v. Liebig, welcher zuerst auf die Wichtigkeit der Aschenbestandteile aufmerksam machte und sie als unentbehrlich für das Gedeihen der Pflanzen hinstellte. Allein die Lehre Liebig's war zu neu, als dass sie gleich vollständig zur Anerkennung hätte gelangen können. Die wissenschaftlichen Auto-

ritäten bekehrten sich erst nach und nach zu der neuen Lehre, oft erkannten sie dieselbe auch nur halb an.

Als man sich vollständig von der Unentbehrlichkeit der Aschenbestandteile überzeugt hatte, war die Folge, dass man sich die Frage vorlegte, wie man die Stoffe bestimmen könne, welche der Pflanze im Boden zur Verfügung ständen? Zuerst glaubte man sicher mit Hülfe der chemischen Bodenanalyse die gestellte Frage beantworten zu können, aber bald sah man ein, dass dies auf chemischem Wege unmöglich sei. Man hatte längst eine ziemliche Anzahl Bodenarten, die sich entweder durch ungewöhnliche oder ausnahmsweise Unfruchtbarkeit auszeichneten, analysirt und dabei schätzenswerte Resultate gefunden. Als man aber von diesen Extremen zur Untersuchung der am häufigsten vorkommenden Mittelböden vorging, zeigte sich rasch die Unbrauchbarkeit dieser Methode für den Zweck, den man hier speciell verfolgte. Man überzeugte sich bald, dass der Gehalt an den Elementen, die die Nahrung der Pflanzen ausmachen, mit der chemischen Boden-Analyse sehr häufig durchaus in keinem Verhältniss, ja öfter geradezu in direktem Widerspruche zu der Fruchtbarkeit des Bodens stand. Nach der einfachen Bestimmung der Summe, in welcher die Stoffe in einem Boden auftreten, können wir durchaus kein Urteil darüber abgeben, ob der Boden in Bezug auf das Pflanzenwachstum als kärglich oder reich ausgestattet zu betrachten ist. Es kommt für den Landwirt nicht darauf an, die Stoffe kennen zu lernen, welche in dem Boden enthalten sind, sondern ihm kommt es hauptsächlich darauf an, die physiologisch wirksamen Stoffe bestimmen zu können. Zu den chemischen Analysen wandte man mehr oder minder starke Agentien an; aber die chemischen Agentien, welche in den Laboratorien angewandt werden, sind viel zu stark, während reines Wasser nicht so zersetzend auf die Bodenbestandteile einwirkt als dies im Boden der Fall ist. Im Boden wirken verschiedene andere Verhältnisse mit, die wir im Laboratorium nicht nachahmen können. Es sind dies namentlich die physiologischen Verhältnisse. So scheidet die Pflanzenwurzel ununterbrochen kleine Mengen von Kohlensäure aus, welche zersetzend auf die sie umgebenden Bodenbestandteile wirken. Dies ist jedoch der weniger wirksame Faktor.

Die Pflanzenwurzeln haben die Fähigkeit die Nährstoffe aus sehr verdünnten Lösungen aufzunehmen. Durch das Entziehen von Pflanzennährstoffen wird die Lösung verdünnt und sie bekommt dadurch von Neuem die Fähigkeit lösend auf die Bodenbestandteile einzuwirken. Auf diese Weise wirkt die Bodenflüssigkeit zwar sehr langsam, indem sie nur sehr kleine Mengen zur Lösung bringt; aber im Laufe eines Vegetationsjahres wird dadurch trotzdem eine beträchtliche Menge von Pflanzennährstoffen in Lösung gebracht. Die Menge von Nährstoffen, welche die Pflanze dem Wasser zu entziehen vermag, ist aber unter besonderen Verhältnissen sehr verschieden.

Als man auf dem Wege der Analyse nicht die gewünschten Resultate erzielte, wandte man sich zur Synthese; denn man sah jetzt ein, dass es vor allem nötig sei erst den physiologischen Wert der verschiedenen Formen, in welchen die Pflanzennährstoffe in dem Ackerboden auftreten und die Quantitäten, in welchen dieselben von den Kulturgewächsen beansprucht werden, genau kennen zu lernen.

Man suchte diese Fragen dadurch zu lösen, dass man Versuche anstellte mit künstlichem Boden oder mit wässrigen Nährstofflösungen. Wenn auch diese Versuche manchen Aufschluss über die Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze gebracht haben und wenn auch daraus mancher Wink für die Praxis gezogen werden konnte, so blieb doch dem Landwirt in Bezug auf die Beurteilung seines Bodens weiter nichts übrig als der Düngungsversuch. Man hat es im Boden nicht mit einem indifferenten Grundmaterial zu thun, welches nur aus reinem Quarzsand oder Wasser besteht, sondern es kommen im Boden noch Eigenschaften und Verhältnisse in Betracht, welche ganz andere physiologische Wirkungen hervorbringen können, als dies bei den genannten Versuchen der Fall ist.

Demnach konnten die Sand- und Wasserkulturversuche ebenfalls einen Aufschluss über den Vorrat des Bodens an assimilirbaren Nährstoffen nicht geben.

Die gemachte Erfahrung, dass die Aschenbestandteile der Pflanzen von dem Nährstoffgehalt des Bodens abhängig seien, führte auf den Gedanken, Analysen der Pflanzen zum Aufschluss über den Nährstoffgehalt des Bodens zu benutzten. Zu diesem Zwecke

sind auch eine Menge Pflanzenanalysen ausgeführt worden. Es sind hier namentlich die Untersuchungen von A. Weinhold, von Hellriegel und A. Emmerling zu erwähnen.

Weinhold[1]) verglich die Aschen verschiedener Unkräuter, die auf gleichem Boden gewachsen waren. Er nahm nämlich an, dass auf einem und demselben Boden nur die Unkräuter gedeihen könnten, für deren Gedeihen die besten und günstigsten Vegetationsbedingungen vorhanden seien, und er erwartete daher auch eine gleichmässige Zusammensetzung der Aschen. Es ist aber bekannt, dass sich die Pflanzen gegen die Aufnahme von Nährstoffen verschieden verhalten und doch auf ein und demselben Boden gedeihen. Wir unterscheiden daher in der Landwirtschaft auch Kali-Kalkpflanzen u. s. w.

A. Emmerling[2]) analysirte verschiedene Heuarten und verglich die Aschengehalte derselben mit den von C. v. Wolff aufgestellten und berechneten Gehalten im normalen Heu. Aus den Abweichungen beider wollte er dann feststellen, welche Nährstoffe in der Wiese in ungenügender Menge vorhanden seien. Allein auch diese Untersuchungen konnten zu keinem Resultate führen, denn Emmerling benutzte zu seinen Analysen Pflanzen, die sich ganz verschieden gegen die Aufnahme von Mineralsubstanzen verhielten. Wenn man ausserdem noch in Betracht zieht, dass sich die Wiesenpflanzen bei einer Heuernte in ganz verschiedenem Entwickelungsstadium befinden, bei welchem sie ganz verschiedene Zusammensetzung zeigen, so kann man sich leicht überzeugen, wie unvollkommen diese Untersuchungen waren. Viel wichtiger und eingehender sind die Untersuchungen von Hellriegel.[3]) Letzterer cultivirte Gerstenpflanzen im Quarzsande, dem er die einzelnen Nährstoffe in gelöster Form und in gleichen Mengen zusetzte. Nur das Kali war in verschiedenen Mengen zugesetzt.

---

1) Ueber die Uebereinstimmung der Zusammensetzung von Pflanzenaschen und derjenigen des Bodens. Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. IV, p. 188. Bd. VI, S. 50.

2) Untersuchungen über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Zusammensetzung von Heu. Landwirtsch. Wochenblatt für Schleswig-Holstein. 1875. Nr. 24 u. 25.

3) Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XI, S. 136. Jahresbericht für Agriculturchemie für 1867. S. 117.

Hellriegel analysirte dann die verschiedenen Pflanzen und fand im Stroh einen Kaligehalt von 7,43—0,40 %. In den Körnern fiel der Kaligehalt bis auf 0,18 % der Trockensubstanz. Da nun Hellriegel einen gewissen Prozentgehalt von dem beigegebenen Kali in den geernteten Pflanzen fand, meinte er auch bei den Kulturpflanzen des Feldes den Gehalt an assimilirbarem Kali oder überhaupt assimilirbaren Mineralstoffen im Boden bestimmen zu können. Die Resultate der Versuche Hellriegel's lassen sich aber auf die Kulturpflanzen nicht übertragen; denn zunächst haben wir es im natürlichen Zustande nicht mit einem Quarzboden zu thun, in welchem sich die Nährstoffe in gelöster, freier Form befinden; sondern die Nährstoffe werden im Ackerboden absorbirt, d. h. sie werden von den Bodenteilchen festgehalten, so dass sie durch das Wasser schwer entzogen werden können. Die Pflanze findet daher die Stoffe nicht in gelöster Form im Boden, sondern sie muss sie erst wieder lösen, bevor sie dieselben aufnehmen kann. Es ist zwar als bewiesene Thatsache zu betrachten, dass die Pflanzenwurzel die absorptiv gebundenen Nährstoffe leicht zu lösen vermag; aber es ist dann fraglich, ob so grosse Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Pflanzen auftreten können, wie sie Hellriegel gefunden hat, oder ob die Absorptionskraft nicht regulirend auf die Aufnahme der Nährstoffe im Boden wirkt. Heinrich findet einen weiteren Einwand gegen die Hellriegel'schen Untersuchungen darin, dass letzterer bei seinen Analysen die ganzen Gerstenpflanzen, wenigstens die Summe der verschiedenen Organe, welche Stroh und Spreu zusammensetzen, benutzte. Der Gehalt an Mineralstoffen ist aber bei den verschiedenen Organen ein sehr verschiedener. Auf die Bildung der verschiedenen Organe haben äussere Verhältnisse sehr viel Einfluss. So bewirkt eine grosse Luft- und Bodenfeuchtigkeit eine starke Blatt- und Krautbildung, während Trockenheit besonders die Stengel- und Kornbildung befördern. Auch das Licht ist von bedeutendem Einfluss auf die oberirdischen Pflanzenteile. So werden bei wenig Licht nur schwache und dürftige Blätter erzeugt, während eine anhaltende starke Lichtwirkung besonders den Blattwuchs befördert und die Entwickelung grosser Blattspreiten zur Folge hat. Auf diese Weise wirken äussere Einflüsse auf die Organentwickelung ein und letztere haben wieder Einfluss auf die Aufnahme

der Mineralstoffe. So kann es vorkommen, dass Pflanzen auf ganz gleichem Boden einen ganz verschiedenen Procent-Gehalt an Mineralstoffen haben, je nachdem die einen Organe mehr oder weniger entwickelt sind. Man hat sogar durch Untersuchungen gefunden, dass nicht allein die verschiedenen Organe in ihrem Gehalt an Mineralstoffen Unterschiede zeigen, sondern dass ein und dasselbe Organ je nach seinem Entstehungsorte oder nach seinem Alter den Gehalt an Mineralstoffen ändert. Hier ist vor allem zu bemerken, dass es ganz von den Witterungsverhältnissen abhängig sein wird, ob die älteren oder jüngeren Organe besonders entwickelt sind, und danach wird sich dann der ganze Einfluss auf die Zusammensetzung der Pflanze richten. Wenn überhaupt die Pflanze ihre Nährstoffe aus dem Boden nach dem endosmotischen Gesetze aufnimmt, so wird sich die Aufnahme an Mineralstoffen ganz genau nach dem Verbrauch derselben reguliren; da nur durch die Störung des osmotischen Gleichgewichts eine neue Aufnahme von Nährstoffen in die Pflanze erfolgen kann. Die Aufnahme der Mineralstoffe durch die Pflanzen wird nur von der Entwickelung der einzelnen Organe abhängig, diese stehen aber wieder in enger Beziehung mit den äusseren zufällig bestehenden Verhältnissen, so dass der Gehalt einer Pflanze an Nährstoffen nicht allein von dem Gehalt des Bodens abhängig ist. Nach der Ansicht von R. Heinrich lässt daher die von Hellriegel eingeschlagene Methode keinen sicheren Rückschluss auf den Gehalt des Bodens an Nährstoffen machen.

In neuerer Zeit hat R. Heinrich ein Werk veröffentlicht: „Die Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume“. 1882.

Die Brauchbarkeit des Düngungsversuches.

Bevor ich näher auf diese Arbeit eingehe, will ich erst mit kurzen Worten die Frage beantworten, ob es überhaupt für den Landwirt von so grosser Bedeutung ist ohne Düngungsversuch einen Aufschluss über die im Boden enthaltenen Nährstoffe zu erhalten? Man kann mit Recht behaupten, dass es von grossem Interesse für den Landwirt ist anstatt des Düngungversuches ein anderes Mittel in die Hand zu bekommen, nach welchem er leicht und sicher den Vorrat an assimilirbaren Pflanzennährstoffen be-

stimmen kann. Der Düngungsversuch erfordert namentlich viel Arbeit. Die Absteckung der einzelnen Parcellen, das gleichmässige Streuen des Düngers und das Aussäen des Samens; dies alles sind Arbeiten, die man bei der gewöhnlichen Aussaat des Getreides nicht so genau auszuführen braucht. Diese Arbeiten sind verhältnissmässig noch leicht auszuführen, am schwierigsten aber ist das Einernten. Schon das Abmähen muss behutsam vorgenommen werden; ausserdem dürfen die Garben der einzelnen Parcellen beim Einfahren nicht vermischt werden, und vor allem erfordert das Abwiegen der Erträge der einzelnen Parcellen viel Zeit. Auch mangelt es den meisten Landwirten an Platz die Erträge einzelner Parcellen getrennt aufzubewahren. Allerdings ist es gerade nicht nötig, dass bei einem derartigen Versuche alle Arbeiten so ausgeführt werden, wie bei den Düngungsversuchen der Versuchsstationen; auch wird man zuweilen die Wirkung der einzelnen Düngemittel schon durch genaue Beobachtung während der Vegetationszeit ermitteln können; aber in den meisten Fällen genügt dies nicht. Wenn man ausserdem bedenkt, dass solche Düngungsversuche durch ungünstige Witterungsverhältnisse leicht gänzlich resultatlos verlaufen können, dass ein Besitzer seine Felder oft in 3—4 verschiedenen Bodenarten liegen hat, dass die Separation noch nicht allgemein durchgeführt ist, so dass oft die Besitzer keine passenden Grundstücke zu einem Düngungsversuche zur Verfügung haben, und dass ausserdem unsere Kleingrundbesitzer noch viel zu wenig bekannt sind mit dem Gebrauche von concentrirten Düngemitteln, so wird man leicht einsehen, dass es sehr vorteilhaft wäre, ein anderes Mittel zur Beurteilung der Ackerkrume zu finden, als den Düngungsversuch.

Die Untersuchungen von Heinrich.

Von besonderer Wichtigkeit für die Lösung dieser Frage sind die Untersuchungen von R. Heinrich geworden. Derselbe baute Haferpflanzen auf Boden an, welcher sich durch Mangel an assimilirbaren Stickstoffverbindungen auszeichnete. Diesen gleichmässig zusammengesetzten Acker zerlegte er in Parcellen, von denen einige ungedüngt, andere dagegen stark mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt waren.

Die Pflanzen zeigten schon während ihrer Entwickelung erhebliche Verschiedenheiten. Heinrich bestimmte in diesen Pflanzen den Stickstoff und zwar in der Weise, dass er nicht die gesammte Pflanze analysirte, sondern den Stickstoffgehalt der einzelnen Stengelglieder der Reihe nach bestimmte. Er verglich dann den Gesammt-Stickstoffgehalt der Pflanzen von gedüngten und ungedüngten Parcellen und fand hieraus, dass die Pflanzen von gedüngten Parcellen mehr Stickstoff enthielten als die Pflanzen von ungedüngten Parcellen. Ferner verglich er die Stickstoffgehalte der einzelnen Stengelglieder einer Pflanze, und es zeigte sich dabei, dass die unteren oder die älteren Stengelglieder mehr Stickstoff aufwiesen als die oberen oder jüngeren. Gleichzeitig fand er, dass sich in den unteren oder älteren Stengelgliedern der gedüngten und ungedüngten Pflanzen viel grössere Unterschiede in dem Stickstoffgehalte bemerkbar machten. Um sich zu überzeugen, ob sich die absorptiv gebundenen Stoffe ebenso verhielten als die im Boden gelösten, untersuchte Heinrich die Wurzeln von Haferpflanzen, die mit Phosphorsäure gedüngt waren. Das Resultat dieser Versuche war genau so, wie bei der Stickstoffdüngung.

Unter Anwendung der oben erwähnten Sätze glaubt Heinrich eine Methode gefunden zu haben, nach welcher die im Boden vorhandenen assimilirbaren Pflanzennährstoffe bestimmt werden können. Heinrich geht bei seiner Methode von den Wurzeln aus, welche er als die geeignetsten Organe zur Ermittelung der assimilirbaren Nährstoffe des Bodens hält. Als Vergleichsbasis wendet er die Minimalgehalte der Wurzeln an. Er bebaute den Acker ohne Zufuhr von Dünger Jahre lang mit ein und derselben Pflanze, bis der Nährstoffgehalt der Wurzeln constant blieb und bezeichnete diesen constant bleibenden Nährstoffgehalt als Minimalgehalt. „Je nachdem der Nährstoffgehalt der Pflanzenwurzel sich diesem Minimum nähere oder sich davon entferne, je nachdem enthalte der Boden den betreffenden Nährstoff in ungenügender oder genügender Menge.“ Es würde also bei der Düngung der Nährstoff in der grössten Menge beizugeben sein, welcher sich bei der Analyse dem Minimum am meisten nähert, während die Nährstoffe, welche den Minimalgehalt beträchtlich übersteigen, bei der Düngung weniger zu berücksichtigen sind. Die Funda-

mentalsätze Heinrich's lassen sich kurz folgendermassen zusammenfassen: „Je ärmer die Wurzeln an Nährstoffen sind, je ärmer ist daran die betreffende Ackerkrume; je reichlicher die normalen Wurzeln Nährstoffe enthalten, desto reicher an Nährstoffen muss auch der Boden sein, dem sie ihre Nährstoffe entzogen haben."

Betrachtet man die von Heinrich aufgestellte Methode näher, so erheben sich gegen dieselbe nicht unwesentliche Bedenken.

Für praktische Zwecke ist diese Methode ebenso gut unbrauchbar, wie die von Hellriegel.

Die Hauptschwierigkeit liegt darin, eine Vergleichsbasis, d. h. den Minimalgehalt der einzelnen Nährstoffe in den Wurzeln festzustellen. Heinrich selbst giebt zu, dass es häufig erst nach Jahren gelingt den Minimalgehalt der Wurzeln zu bestimmen. Man kann doch keinem Landwirt zumuten, dass er Jahre lang seinen Acker mit ein und derselben Frucht bebaut um nach dem Nährstoffgehalt der Wurzeln schliesslich den Schluss ziehen zu können, wie viel eine Pflanze im Minimum von einem Nährstoffe aufnehmen kann. Sehr verkehrt wäre es, wenn man annehmen wollte, dass der Minimalgehalt an Nährstoffen in denselben Pflanzenwurzeln auf verschiedenen Böden gleich sei, sondern der Minimalgehalt eines bestimmten Pflanzennährstoffes wird auch auf verschiedenen Bodenarten ein verschiedener sein. Heinrich giebt am Schlusse selbst die Einwendungen an, welche sowohl gegen die Hellriegel'sche wie gegen die seine Methode erhoben werden könnten. Es sind dies namentlich die Einwirkungen der Mischungsverhältnisse der Salze und der Bodenflüssigkeiten und die Einwirkung der Wasserverdunstung auf die Aufnahme von Mineralstoffen in die Pflanze. Den ersten Einwand sucht Heinrich dadurch zurückzuweisen, indem er sagt: „Wird durch die Gegenwart eines Salzes die Aufnahme eines Nährstoffes erschwert, so dass der Gehalt desselben dem Minimum sich nähert, so giebt es kein anderes Mittel als den betreffenden Nährstoff zuzuführen um die Wirkung des Salzes auf die Nährstoffaufnahme zu mindern. Dieses Mittel wird in vielen Fällen nicht genügen; denn die Salze wirken nicht nur auf die Nährstoffe ein, sondern sie üben gleichzeitig ihren Einfluss auf die Pflanzenwurzel aus; sie machen die Pflanzenwurzel entweder

fähig den Nährstoff aufzunehmen oder nicht. Daher kann der betreffende Nährstoff erst dann von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden, wenn die Menge des einwirkenden Salzes vermindert wird. Ausserdem ist diese Manipulation gerade nicht sehr wünschenswert für den Geldbeutel des Landwirtes. Man soll zwar dem Acker immer die Stoffe in reichlichem Masse zuführen, welche durch die Ernten entzogen werden; man soll aber die Stoffe auch nicht unnützer Weise vergeuden. Darin liegt ja der Vorteil der concentrirten Düngemittel, dass wir es in der Hand haben, nach Belieben einen oder den anderen Nährstoff zuzuführen. Die von Heinrich angegebene Methode kann aber in dieser Beziehung geradezu auf falsche Wege führen. Nimmt man z. B. an, dass durch die Abwesenheit von Phosphorsäure die Pflanzenwurzeln nicht fähig gewesen wären den Stickstoffgehalt auszunutzen, der vielleicht in vollständiger Menge vorhanden ist, so würde sich in den Wurzeln der Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure dem festgesetzen Minimum nähern und in Folge dessen eine Stickstoff- und Phosphorsäurezufuhr notwendig machen. Was wird aber die Folge dieser Zufuhr sein? Der Stickstoff wird zwar in Folge der Phosphorsäurezufuhr zur Wirkung kommen, aber ein grosser Teil des Stickstoffes wird entweder gar nicht von den Pflanzen ausgenutzt werden können oder die allzugrosse Menge Stickstoff würde ungünstige Folgen für die Pflanzenvegetation haben. Dies Alles sind Einwände die vom Standpunkte des Praktikers wohl erwogen und überlegt werden müssen.

Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen.

Vom physiologischen Standpunkte aus ist die genannte Methode ebenso vollständig verwerflich. Verfolgt man die Nährstoffaufnahme der Pflanzen von ihrer Jugend an, so wird es bald klar, wie unzuverlässig diese Methode ist. In der frühesten Zeit ihres Entwickelungsstadiums, d. h. während der Keimungsperiode ist die Pflanze noch vollständig unabhängig von dem Nährstoffgehalt des Bodens. Sie braucht ausser sauerstoffhaltiger Luft, Wärme und Feuchtigkeit nichts zu ihrer Entwickelung, als einen lockeren Boden, damit die zarten Keimlinge hindurch dringen können. Mit Hülfe der im Samen vorhandenen Reservestoffe

bildet die Pflanze die Wurzeln und die ersten Blätter. Sobald aber die Blätter mit der Aussenwelt in Berührung treten, so wird auch die ganze Ernährungsweise mit der Pflanze eine andere. Erst jetzt erlangt die Wurzel die Fähigkeit Nahrungsstoffe aus dem Boden aufzunehmen und tritt dieselbe somit in Wechselbeziehung zu den oberirdischen Bestandteilen der Pflanzen. Die von der Wurzel aufgesaugten Nahrungsstoffe werden direkt in die Blätter befördert. Hier werden die aufgenommenen Stoffe zu wirklichen Nahrungsmitteln und können dann erst zum Aufbau des Pflanzenleibes benutzt werden. Anfangs entwickeln sich zwar die oberirdischen Teile etwas langsam, da die aufgenommenen Nährstoffe hauptsächlich zur Ausbildung des Wurzelsystems benutzt werden; aber dies währt nur kurze Zeit. Sobald das Wurzelsystem sich genügend entwickelt hat, beginnen sich die oberirdischen Bestandteile rasch zu entfalten.

Es ist bekannt, dass das Licht, die Wärme und das Wasser auf die Entwickelung der Pflanzen einen bedeutenden Einfluss haben. Die Nährstoffe werden von der Pflanze entweder durch die Wurzeln aus dem Boden oder durch die Blätter aus der Luft aufgenommen. Der ganze Ernährungsprozess und die Wanderung der Nährstoffe im Innern der Pflanze kann sich nur mit Hülfe des Wassers vollziehen. Die Pflanze ist aber zu gleicher Zeit gezwungen einen Teil ihrer Nahrung aus der Luft durch die Blätter aufzunehmen. Es ist dies namentlich die Kohlensäure. Dieselbe findet sich in der Luft nur in geringen Mengen, in Folge dessen sind auch die Blattspreiten stark entwickelt, damit diese Flächen möglichst mit der sie umgebenden Atmosphäre in Berührung kommen. Von der Grösse der Blätter ist sowohl die Verdunstung als auch die Aufsaugung der Flüssigkeiten wesentlich abhängig. Die Pflanze bezieht ihren Wassergehalt allein aus der Bodenfeuchtigkeit; die Aufnahme des nötigen Wassergehaltes wird aber durch die Verdunstung bewirkt. Letztere hängt aufs engste mit der Wärme und dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre zusammen; ausserdem kommen hier noch verschiedene innere Einwirkungen in Betracht, so dass die Wasserverdunstung auf ein und demselben Boden unter verschieden einwirkenden Verhältnissen sehr schwankend sein kann. Zu den zwei Faktoren Feuchtigkeit und Wärme tritt noch als dritter Faktor das Licht

hinzu. Ohne Licht kann die Pflanze kein Chlorophyll bilden, und die Pflanze geht zu Grunde. Die Zersetzung der Kohlensäure kann allein nur in den chlorophyllhaltigen Zellen unter Mitwirkung des Lichtes erfolgen. Je nachdem das Licht stärker oder schwächer ist, je nachdem verläuft der ganze Lebensprozess rascher oder langsamer. Diese drei Faktoren: Wärme, Sonnenschein und Regen bilden die so complicirten Fruchtbarkeitsfaktoren, durch welche die Ernteerträge oft mehr beeinflusst werden, als durch die im Boden vorhandene Düngkraft oder Nährstoffe. Weicht nur einer dieser drei Faktoren von dem bestimmten Wege ab, so wird in dem Ernährungsprozesse der Pflanze eine grössere oder kleinere Störung stattfinden, je nachdem die Abweichung des betreffendcn Faktors eine grössere oder kleinere ist. Man sieht also ganz deutlich, dass die Entwickelung der oberirdischen Pflanzenteile mit der Nährstoffaufnahme innig zusammenhängt; letztere bewirkt aber wiederum das Wachstum der ganzen Organe der Pflanze. Es hängt demnach auch das Wachstum der Wurzel mit der Entwickelung der oberirdischen Teile aufs Engste zusammen.

Heinrich selbst hat die Hellriegel'sche Methode als unzulässig bezeichnet, weil die oberirdischen Pflanzenteile von äusseren Einflüssen abhängig seien und dadurch die Aufnahme der Mineralstoffe beeinflusst werden könne. Wie verhält sich aber die von Heinrich vorgeschlagene Methode gegen die von ihm gemachten Einwände? Heinrich empfiehlt die Anwendung der Wurzeln zum Rückschluss auf den Nährstoffgehalt des Bodens nur bei normalem Wachstum der Pflanzen. Hätte Hellriegel dieses Wörtchen ebenfalls hinzugesetzt, so hätte ihm obiger Einwand nicht gemacht werden können. Wir wissen ganz genau, dass die Entwickelung der verschiedenen Organe ganz eng damit verbunden ist, je nachdem der eine von den Ernährungsfaktoren längere Zeit überwiegend zur Wirkung gelangt. Wir haben es dann aber nicht mehr mit einer normalen Entwickelung der Pflanze zu thun, sondern das Gleichgewicht der drei Hauptfaktoren in der Wirkung auf den Ernährungsprozess ist gestört. Wir müssen in Folge dessen das ganze Wachstum der Pflanze als ein unnormales bezeichnen, wenn auch einer von diesen drei

Faktoren auf nur ganz kurze Zeit vorherrschend wirksam gewesen ist.

Heinrich macht eine zweite Einwendung gegen die Hellriegel'sche Methode, nämlich dass derselbe nicht gleiches mit gleichem verglichen habe. Dies ist aber nicht der Fall. Es könnte dann bloss von einer ungleichen Vergleichung von Pflanzenteilen gesprochen werden, wenn Hellriegel vielleicht von den einen Pflanzen die oberen und von den anderen die unteren Teile zur Analyse benutzt und dieselben mit einander verglichen hätte. Wenn überhaupt der von Heinrich aufgestellte Satz richtig ist, dass sich in den unteren oder älteren Teilen die Unterschiede in dem Gehalte an Nährstoffen bemerkbarer machen als in den höher gelegenen oder jüngeren Teilen, so ist es jedenfalls einerlei, ob man den Prozentgehalt an Pflanzennährstoffen in den einzelnen Stengelgliedern oder Organen einer Pflanze mit einander vergleicht, oder ob man die ganze Pflanze (den oberirdischen Theil) verascht und dann die gefundenen Nährstoffgehalte mit einander vergleicht. Es wäre hierbei nur zu beachten, dass allein solche Pflanzen zu benutzen wären, die eine gleiche Anzahl von Stengelgliedern haben; ja es wird sogar kein grosser Fehler entstehen, wenn eine Pflanze ein Stengelglied mehr enthält, in Anbetracht der geringen Unterschiede, welche die einzelnen Stengelglieder von einander zeigen. Es würden bei der Vergleichung der verschiedenen Nährstoffgehalte zwar die Unterschiede etwas geringer sein; aber ein Fehler kann dadurch nicht entstehen. Ausserdem berechtigen die von Heinrich angegebenen Resultate, welche aus Analysen verschiedener Stengelglieder bestehen, noch nicht zu der allgemeinen Annahme, dass sich die Unterschiede in den Nährstoffgehalten der einzelnen Pflanzenteile von Oben nach Unten vergrössern; denn von den acht angegebenen Analysen sprechen allemal nur fünf für den betreffenden Satz, während drei Analysen gegen denselben sind. Die betreffenden Analysen geben in 100 Teilen Trockensubstanz einen Stickstoffgehalt:

	A von stickstoffarmen Boden:	B von mit Stickstoff gedüngten Boden
1. Blütenteile	2,59 T.	3,31 T.
2. Internodien der Rispe	1,28 „	2,36 „
3. Erstes (oberst.) Stengelglied	1,05 „	1,77 „
4. Zweites Stengelglied	0,69 „	1,13 „
5. Drittes „	0,65 „	1,01 „
6. Viertes „	0,77 „	1,48 „
7. Fünftes „	1,21 „ [1])	1,57 „
8. Wurzel	1,09 „	2,63 „

Es ist demnach sehr gewagt nach diesen Analysen diesen allgemeinen Satz aufzustellen. Nach meiner Ansicht ist die von Hellriegel angewandte Methode noch brauchbarer als die von Heinrich. Es ist eine allbekannte Thatsache, dass die Pflanzenblätter mehr Kali enthalten als die anderen Teile. Durch äussere Einflüsse können die Blätter zu ganz verschiedener Entwickelung gelangen, sie können gross oder klein sein und danach wird sich auch der Verbrauch an Kali richten. Der Boden kann eine grosse Menge verfügbarer Kalisalze enthalten, mehr als zu einer normalen Ernte nötig sind, so dass der Kalibedarf der Blätter vollständig gedeckt werden kann; allein der Bedarf der Blätter an Kali kann sich so steigern, dass die Blätter das ihnen zugeführte Kali fast vollständig zu ihrem Bedarf ausnutzen, während sie den Wurzeln nur einen kleinen Teil, vielleicht höchstens so viel als unbedingt nötig ist, zukommen lassen. Die Pflanzenwurzel wird einen Gehalt an Kali zeigen, der sich dem Minimum nähert, daraus folgt nach Heinrich der Schluss, dass der Boden Mangel an Kali leidet, während man nach der Hellriegel'schen Methode wenigstens erfahren würde, dass Kali in genügender Menge vorhanden ist. Was berechtigt uns überhaupt dazu gerade die Wurzeln ganz unabhängig von der Aussenwelt hinzustellen; ist es nicht eben so gut möglich, dass die Wurzeln bei äusseren oder inneren Verhältnissen gewisse Nährstoffe in grösseren Mengen zu ihrem Aufbau benutzen? Denn es können bei reifen Wurzeln nur Stoffe in Betracht kommen, welche zum Bau der Wurzel benutzt werden; da die Stoffe, welche dem Boden entnommen wer-

1) Das 5. (unterste) Stengelglied war rudimentär entwickelt.

den, nicht direkt zum Aufbau der Wurzeln dienen. Erst nachdem sie in den Blättern die Fähigkeit erlangt haben als Nahrung zu dienen, kehren sie zu den Wurzeln zurück und werden dann erst als Baumaterial benutzt. Das Wachstum der Wurzeln und die Aufnahme der Nährstoffe muss demnach mit den oberirdischen Pflanzenteilen Hand in Hand gehen. Aus dem Gesagten sieht man, dass die Heinrich'sche Methode zur Beurteilung der Ackerkrume ebensowenig zu gebrauchen ist, wie die Hellriegel'sche.

Beschaffenheit und Einteilung des Versuchsfeldes.

Die Veröffentlichung der Heinrich'schen Untersuchungen veranlassten mich zu einer Anzahl von Wurzelanalysen, um zu prüfen ob die von Heinrich empfohlene Methode zur Bestimmung der assimilirbaren Pflanzennährstoffe im Boden zu gebrauchen sei. Zur Beschaffung des nötigen Wurzelmaterials wurde mir das Versuchsstationsfeld der Lehranstalt für Landwirte an der Universität Jena überlassen. Der Boden des betreffenden Versuchsfeldes besteht aus Diluviallehm, der auf Muschelkalk-Verwitterungsboden aufliegt und hat eine schwache Neigung nach OSO. Das Stück selbst ist 9517 □m gross und wurde bis zum Jahre 1882 in vier parallelen Streifen von ungefähr gleicher Grösse bewirtschaftet.

Die Fruchtfolge auf demselben war:

I.

1877. Gerste und Hafer	Winterung +	Winterung +	Kartoffeln
1878. Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Winterung
1879. Wicken	Sommerung	Winterung	Kartoffeln
1880. Kartoffeln	Weizen +	Kartoffeln	Sommerung
1881. Weizen	Kartoffeln	Roggen	Mais ½ +
1882. Kartoffeln	Gerste	Kartoffeln	Gerste.

Im Jahre 1883 wurden aus diesen 4 Streifen zwei einander parallele Streifen gemacht und ein jeder der beiden Streifen in 29 gleich grosse, quer durch beide Streifen laufende Parcellen geteilt, so dass allemal je 29 Parcellen in der Längsrichtung der ursprünglichen 4 Streifen unter sich vergleichbar wurden.

Das Feld wurde dann mit Zuckerrüben angebaut und wurden folgende Düngerquanta in Anwendung gebracht:

Als halbe Phosphorsäuredüngung 36 kg Phosphorsäure pro

1 Ha, bezeichnet mit $^1/_2$ P und als ganze Phosphorsäuredüngung 72 kg Phosphorsäure pro Ha, bezeichnet mit 1 P.

Als halbe Stickstoffdüngung 30 kg Stickstoff pro 1 Ha bezeichnet mit $^1/_2$ N. Als ganze Stickstoffdüngung 60 kg Stickstoff pro Ha, bezeichnet mit 1 N.

Als halbe Stallmistdüngung 400 Ctr. Stallmist pro Ha bezeichnet mit $^1/_2$ St.

Als dreiviertel Stallmistdüngung 600 Ctr. pro 1 Ha Stallmist bezeichnet mit $^3/_4$ St.

Als ganze Stallmistdüngung 800 Ctr. Stallmist pro 1 Ha bezeichnet mit 1 St.

Die Form der Düngemittel war:

Für die Phosphorsäuredüngung 18 % tiges Superphosphat,

für die Stickstoffdüngung zur Hälfte Chilisalpeter und zur Hälfte schwefelsaures Ammoniak.

Für Stallmist halbverrotteter Dünger von der allgemeinen Dungstätte der Domaine Zwätzen.

Der Chilisalpeter wurde im März ausgestreut und unterexstirpirt, die übrigen Düngemittel wurden im November vierspännig untergepflügt. Als Vergleichsbasis wurden 7 ungedüngte Parcellen und zwar 3 in der einen und 4 in der anderen Parcellenreihe eingestreut.

Die Anordnung des Versuches hatte nun folgende Uebersicht:

1.	1 St.	58.	ungedüngt.
2.	1 St. $^1/_2$ P.	57.	$^1/_2$ P. + 1 N.
3.	1 St. 1 P.	56.	1 P. + $^1/_2$ N.
4.	ungedüngt.	55.	1 P. + 1 N.
5.	$^3/_4$ St. + $^1/_2$ P.	54.	$^1/_2$ P. + $^1/_2$ N.
6.	$^3/_4$ St. 1 P.	53.	1 P.
7.	$^3/_4$ St.	52.	$^1/_2$ P.
8.	$^1/_2$ St. $^1/_2$ P.	51.	1 N.
9.	$^1/_2$ St. 1 P.	50.	$^1/_2$ N.
10.	$^1/_2$ St.	49.	ungedüngt.
11.	$^1/_2$ N.	48.	$^1/_2$ St. + 1 P.
12.	1 N.	47.	$^1/_2$ St. + $^1/_2$ P.
13.	$^1/_2$ P.	46.	$^1/_2$ St.
14.	1 P.	45.	$^3/_4$ St. + 1 P.

15.	ungedüngt.	44.	$^3/_4$ St. + $^1/_2$ P.
16.	$^1/_2$ P. + $^1/_2$ N.	43.	$^3/_4$ St.
17.	1 P. + 1 N.	42.	1 St. + 1 P.
18.	1 P. + $^1/_2$ N.	41.	1 St. + $^1/_2$ P.
19.	$^1/_2$ + 1 N.	40.	1 St.
20.	1 St.	39.	ungedüngt.
21.	1 St. + $^1/_2$ P.	38.	$^1/_2$ P. + 1 N.
22.	1 St. + 1 P.	37.	1 P. + $^1/_2$ N.
23.	$^3/_4$ St.	36.	1 P. + 1 N.
24.	$^3/_4$ St. + $^1/_2$ P.	35.	$^1/_2$ P. + $^1/_2$ N.
25.	$^3/_4$ St. + 1 P.	34.	1 P.
26.	ungedüngt.	33.	$^1/_2$ P.
27.	$^1/_2$ St.	32.	1 N.
28.	$^1/_2$ St. + $^1/_2$ P.	31.	$^1/_2$ N.
29.	$^1/_2$ St. + 1 P.	30.	ungedüngt

Nach den Resultaten des angestellten Düngungsversuches, welcher mit Zuckerrüben vorgenommen wurde, erwies sich der Boden als Phosphorsäure und Stickstoff arm und zwar machte sich der Stickstoffmangel am meisten geltend.

Im Jahre 1884 wurde das Versuchsfeld mit Gerste bestellt. Im Uebrigen wurde die Anordnung des ersten Düngungsversuches beibehalten.

Beobachtungen während der Vegetations- und Reifezeit der Gerste.

Sämmtliche mit Phosphorsäure und Stallmist gedüngte Parcellen unterschieden sich sichtbar durch üppigeren Wuchs und viel dunklere Farbe der Pflanzen von den ungedüngten und den mit Stickstoff gedüngten Parcellen, während die mit Stickstoff gedüngten von den ungedüngten Parcellen gar nicht zu unterscheiden waren. Das Stroh der mit Phosphorsäure und Stallmist gedüngten Parcellen zeigte bei der Reife meisten stärkere und straffere Halme und lange mit ziemlich grossen Körnern gefüllte Aehren. Leider konnten Stroherträge zu den Resultaten nicht mit in Betracht gezogen werden, da teilweise Lager eingetreten war.

Das Ausgraben und Reinigen der Wurzeln.

Nachdem die Gerste von dem Felde entfernt war, wurde sofort mit dem Ausgraben der Wurzeln begonnen und zwar wurde dasselbe unter meiner Aufsicht in folgender Weise ausgeführt: In der Mitte jeder einzelnen Parcelle wurde ein ziemlich gleich grosses Stück Land abgegrenzt, der Boden dann mit dem Spaten gelockert und die Stoppel mit den Wurzeln herausgezogen. Die von den einzelnen Parcellen gewonnenen Wurzeln wurden in einem nahen Bache so gut als möglich abgewaschen, wieder getrocknet und vorsichtig von den Stoppeln durch Abschneiden mit der Scheere getrennt. Auf diese Weise wurden von jeder Parcelle ungefähr 100 Gramm Wurzeln abgeschnitten, welche in kleine Leinwandsäckchen gesteckt und hierauf in das chemische Laboratorium des landwirtschaftlichen Instituts zu Jena befördert wurden. Dort wurden die Wurzeln von mir selbst noch einmal vorsichtig gereinigt, getrocknet und dann verarbeitet.

Die Beschaffenheit der Wurzeln.

Die Wurzeln der verschieden gedüngten Parcellen unterschieden sich schon äusserlich sichtbar von einander. Namentlich zeichneten sich die mit Phosphorsäure und Stallmist gedüngten Pflanzen durch sehr üppiges Wurzelnetz aus. Letzteres war dicht büschelig und ziemlich ausgedehnt. Die Wurzeln waren in lufttrocknem Zustande zäh und sehr widerstandsfähig.

Anders verhielten sich die Wurzeln der Pflanzen von den ungedüngten und den mit Stickstoff gsdüngten Parcellen. Dieselben waren kurz und ziemlich stark, ausserdem waren sie hohl. In lufttrocknem Zustande waren sie spröde und liessen sich zu Pulver reiben. Sie waren schon bei mässiger Trockenheit brüchig. Eigentümlich war noch das Verhalten der lufttrocknen Wurzeln gegen kaltes Wasser. Die Wurzeln der mit Phosphorsäure und Stallmist gedüngten Parcellen zogen die Feuchtigkeit racch an und wurden dadurch schnell weich und biegsam, während die Wurzeln von den anderen Parcellen die Feuchtigkeit nur sehr langsam aufnahmen und längere Zeit sogar im Wasser ihren spröden brüchigen Zustand bewahrten.

Die Beschreibung der ausgeführten Analysen.

Bei den sämmtlichen Phosphorsäure- sowie Stickstoffbestimmungen wurde eine besondere Trockensubstanzbestimmung nicht vorgenommen, sondern die möglichst zerkleinerte Substanz wurde in einem Tiegel 24 Stunden einer Temperatur von nahezu 110° ausgesetzt, unter den Exekator gebracht, nach dem Erkalten abgewogen und hierauf weiter verarbeitet.

Die für die Phosphorsäurebestimmungen bestimmte Substanz wurde mit verdünnter Salpetersäure in der Wärme behandelt und die Phosphorsäure der verdünnten Lösung durch molybdänsaures Ammoniak ausgefällt, der gewonnene Niederschlag wieder durch Ammoniak gelöst und abermals durch Chlormagnesiummischung gefällt. Der gänzliche Niederschlag von Ammoniummagnesiumphosphat genau abgewogen und die Phosphorsäure danach berechnet und schliesslich auf Procente der Trockensubstanz reducirt. Da die darin enthaltene Phosphorsäure vollständig an Eisen gebunden war, so konnte die Bestimmung nicht mit Uranlösung vorgenommen werden und ich war gezwungen die weit umständlichere Bestimmung mit Molybdänsäure vorzunehmen.

Zur Stickstoffbestimmung wurde die Kyeldal'sche Methode angewandt und beim Titriren Natronlauge und Schwefelsäure im Verhältniss von 1:10 benutzt. Ausserdem wurde die Zerstörung der organischen Substanz dadurch beschleunigt, indem nicht Phosphorsäureanhydrit, sondern Quecksilberoxyd hinzugefügt wurde. Nach dem Düngungsversuche mit Zuckerrüben zeigte sich, dass der Boden von dem benutzten Feldgrundstücke drei verschiedenen Bonitäten angehörte, die in beiden Parcellenreihen fast die gleiche Ausdehnung besitzen.

Die 1. Bonität umfasst in der oberen Reihe Nr. 58 bis 49, in der unteren Reihe Nr. 1—10.

Die 2. Bonität umfasst in der oberen Reihe Nr. 48—34, in der unteren Reihe 11—24.

Die 3. Bonität unfasst in der oberen Reihe Nr. 33—30, in der unteren Reihe Nr. 25 - 29.

Vergleichung der Phosphorsäuregehalte in den Gerstenwurzeln von gedüngten und ungedüngten Parcellen.

(Siehe Tabelle Nr. I.)

Wie schon früher erwähnt, zeigte das Versuchsfeld nach den Versuchen mit Zuckerrüben Armut an Phosphorsäure und Stickstoff. Es müssen demnach die beiden Stoffe nach der Methode von Heinrich in den Wurzeln der ungedüngten Parcellen im Minimum, oder wenn dasselbe auch nicht vollständig erreicht ist, doch wenigstens in geringeren Mengen enthalten sein als in den Wurzeln der gedüngten Parcellen. Vergleicht man die Phosphorsäuregehalte der Gerstenwurzeln von gedüngten Parcellen in den einzelnen Bonitäten mit den dazu gehörigen ungedüngten Parcellen, so ergeben sich folgende Resultate:

Zur ersten Bonität gehören die Parcellen 1—10 und 49—58. Als Vergleichsparcellen zu den 10 ersten Parcellen ist Parcelle Nr. 4 anzusehen. Dieselbe zeigt einen Phosphorsäuregehalt von 0,2240 %. Der höchste Phosphorsäuregehalt beträgt 0,2881 % (Nr. 10) und der niedrigste 0,1880 % (Nr. 3). Die Differenzen schwanken also zwischen + 0,0641 % und — 0,0360 %.

Bei den Parcellen 49—58 bildet die Parcelle Nr. 49 die Vergleichsbasis. Die Parcelle Nr. 58 kann weggelassen werden, da sie nur als überzählige ungedüngte Parcelle zu betrachten ist.

Die ungedüngte Parcelle Nr. 49 zeigt einen Phosphorsäuregehalt von 0,2365 %. Der höchste Phosphorsäuregehalt in dieser Parcellenreihe beträgt 0,2856 % (Nr. 57) und der niedrigste 0,2156 % (Nr. 51). Es ist also eine Differenz zwischen + 0,0491 % und — 0,0209 % vorhanden.

Die zweite Bonität umfasst die Parcellen Nr. 11—24 und 34—48. Zu den Parcellen 11—24 gehört als ungedüngte Parcelle Nr. 15 mit einem Phosphorsäuregehalt von 0,2509 %. Als höchster Phosphorgehalt findet sich 0,2940 % (Nr. 24) und als niedrigster 0,2009 % (Nr. 17). Die grössten Abweichungen von der Vergleichsparcelle betragen demnach + 0,0431 % und — 0,0500 %. Die Parcellen Nr. 34—48 sind mit der ungedüngten Parcelle Nr. 39 zu vergleichen, die einen Phosphorsäuregehalt von 0,2404 % besitzt. Der höchste Gehalt an Phosphorsäure be-

trägt 0,2895 % (Nr. 35) und der niedrigste 0,1966 % (Nr. 41). Die Unterschiede betragen +0,0491 % und —0,0438 %. Die dritte Bonität endlich umfasst die Parcellen Nr. 25—29 und 30 bis 33. Zu der ersteren Abtheilung gehört die ungedüngte Parcelle Nr. 26, deren Wurzeln 0,3063 % Phosphorsäure enthalten. Die Parcellen Nr. 28 und Nr. 25 zeigen einen Phosphorsäuregehalt von 0,3254 % und 0,2491 %. Die Differenzen betragen demnach +0,0191 % und —0,0572 %. Die Parcellen 30—33 haben als Vergleichsparcelle Nr. 30 mit einem Phosphorsäuregehalt von 0,3014 %. Den höchsten Gehalt an Phosphorsäure zeigt Nr. 33 mit 0,3298 % und den niedrigsten Nr. 32 mit 0,2876 %. Die Differenzen sind +0,0284 % und —0,0138 %.

Fasst man die Resultate zusammen, so weichen die Phosphorsäuregehalte der Wurzeln von gedüngten und ungedüngten Parcellen wie folgt von einander ab:

I.	Bonität.	Untere	Reihe	Parcelle	1—10:	Differenz	+0,0641 % —0,0360 %
II.	„	„	„	„	11—24:	„	+0,0431 % —0,0500 %
III.	„	„	„	„	25—29:	„	+0,0191 % —0,0572 %
						Durchschnittsdifferenz:	+0,0421 % —0,0477 %

I.	Bonität.	Obere	Reihe	Parcelle	58—49:	Differenz	+0,0491 % —0,0229 %
II.	„	„	„	„	48—34:	„	+0,0491 % —0,0438 %
III.	„	„	„	„	33—30:	„	+0,0284 % —0,0138 %
						Durchschnittsdifferenz:	+0,0422 % —0,0261 %

Nimmt man noch die Durchschnittsdifferenz von den oberen und unteren Reihen, so schwanken dann die Differenzen zwischen +0,0421 % —0,0368 %. Es zeigen sich also bei der Vergleichung der gedüngten Parcellen der einzelnen Bonitäten mit den dazu gehörigen ungedüngten Parcellen sehr geringe Unterschiede.

Vergleichung der Durchschnittsphosphorsäuregehalte in den Gerstenwurzeln von gleichgedüngten Parcellen mit dem Durchschnittsphosphorsäuregehalte der ungedüngten Parcellen. (Siehe Tab. Nr. III.)

Vergleicht man den Durchschnittsphosphorsäuregehalt der ungedüngten Parcellen mit den Durchschnittsphosphorsäuregehalten der gleichmässig gedüngten Parcellen, so findet man, dass sich auch hier keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Der Durchschnittsgehalt an Phosphorsäure in den Wurzeln der ungedüngten

Parcellen mit Ausnahme der Parcelle Nr. 58 beträgt 0,2599 %. Die mit 1 St. + ½ P. gedüngten Parcellen zeigen den niedrigsten Durchschnittsgehalt an Phosphorsäure, nämlich 0,2033 % und die mit ½ St. gedüngten Parcellen den höchsten, nämlich 0,2689 %. Die Unterschiede betragen also — 0,0566 % und + 0,0098 %. Im Ganzen übersteigen überhaupt nur 4 Durchschnittsgehalte von gleichmässig gedüngten Parcellen den Durchschnittsphosphorsäuregehalt der ungedüngten Parcellen. Es sind dies die Parcellen mit folgenden Düngungen:

1. ½ St. mit 0,2689 % P^2O^5 + 0,0099 %
2. ½ St. + ½ P. mit 0,2668 % P^2O^5 + 0,0069 %
3. ½ St. + 1 P. mit 0,2626 % P^2O^5 + 0,0027 %
4. ½ P. mit 0,2664 % P^2O^5 + 0,0065 %

Alle anderen Durchschnittsphosphorsäuregehalte unter den gedüngten Parcellen erreichen den Durchschnittsgehalt der ungedüngten nicht. Es beträgt zwar der niedrigste Procentgehalt an Phosphorsäure 0,0566 % weniger als bei den ungedüngten Parcellen; doch ist dieser Unterschied zwischen gedüngten und ungedüngten Parcellen gar nicht so ein grosser. Merkwürdig dabei ist, dass die Durchschnitts-Procentgehalte der ungedüngten Parcellen nur um weniges (um 0,0090 %) überstiegen werden, während der niedrigste Durchschnittsprocentgehalt der gedüngten Parcellen um 0,0566 % von dem Durchschnittsprocentgehalte der ungedüngten Parcellen abweicht; also etwa das 6fache mehr als der höchste Durchschnittsprocentgehalt. Dies ist eine Erscheinung, welche volle Beachtung verdient. Schon von Wagner ist die Beobachtung gemacht worden, dass die Pflanzen auf Boden, welcher mit Kalisalz oder Chilisalpeter gedüngt wurde ohne Beidüngung von Phosphorsäure, mehr Phosphorsäure aufgenommen hatten als die mit Phosphorsäure gedüngten Pflanzen. Aehnlich verhält es sich hier mit der Phosphorsäureaufnahme; denn von den 15 Durchschnittsgehalten der mit gleicher Phosphorsäure- oder Stallmistdüngung versehenen Parcellen, zeigen nur 4 einen grösseren Phosphorsäuregehalt und zwar sind die Unterschiede sehr gering, während 11 einen geringeren Durchschnittsgehalt an Phosphorsäure haben, als die ungedüngten Parcellen; auch sind bei letzteren 11 Parcelllen die Abweichungen bedeutender als bei den ersteren. Zu den mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen sind auch die mit

reinem Stallmist gedüngten gerechnet. Besonders merkwürdig ist das Verhalten des Stallmistes. Es sind im Ganzen 9 Parcellen mit Stallmistdüngung. Von diesen 9 Parcellen sind je 3 mit 1 St., $^1/_2$ St. und $^3/_4$ St. gedüngt. Diesen 3 Düngungen ist auf 6 anderen Parcellen eine $^1/_2$ P. oder 1 P. beigegeben. Es macht sich in den Wurzeln mit der Abnahme der Stallmistdüngung eine Zunahme an Phosphorsäure deutlich bemerkbar, so dass hier eine Einwirkung des Stallmistes auf die Phosphorsäureaufnahme gar nicht zu verkennen ist. So enthalten die Parcellen mit $^1/_2$ St., $^1/_2$ St. + $^1/_2$ P. und $^1/_2$ St. + 1 P. im Durchschnitt 0,2661 % P^2O^5, diejenigen mit $^3/_4$ St., $^3/_4$ St. + $^1/_2$ P. und $^3/_4$ St. + 1 P. im Durchschnitt 0,2472 % und schliesslich diejenigen mit 1 St., 1 St. + $^1/_2$ P. und 1 St. + 1 P. im Durchschnitt 0,2226 % P. An diesen Parcellen sieht man klar, wie mit der Abnahme der Stallmistmenge die Aufnahme der Phosphorsäure steigt. Es scheint als ob eine schwache Stallmist-Düngung die Aufnahme der Phosphorsäure begünstige, denn wir finden da, wo $^1/_2$ St. angewandt ist, die höchsten Phosphorsäuregehalte. Ausser den erwähnten Parcellen zeigen die mit $^1/_2$ P., $^1/_2$ St. + $^1/_2$ P. und $^1/_2$ St. + 1 P. versehenen Parcellen einen grösseren Durchschnittsgehalt an Phosphorsäure als die ungedüngten Parcellen. Bei Parcelle Nr. 33, deren Phosphorsäuregehalt bei weitem höher ist als bei den beiden anderen gleichgedüngten Parcellen, scheint während der Untersuchung ein Fehler gemacht worden zu sein. Es könnte demnach der Durchschnittsgehalt dieser 3 Parcellen ebenfalls geringer wie bei den ungedüngten betrachtet werden kann. Es ist daher, wie bereits von Wagner bei Düngung mit Chilisalpeter oder Kalisalz erwiesen ist, bei der Gerste einerlei ob der Boden mit Phosphorsäure gedüngt worden ist oder nicht, der Phosphorgehalt in den Wurzeln bleibt sich gleich. Man kann sogar annehmen, dass nach den gefundenen Resultaten die Gerstenwurzeln von mit Phorphorsäure gedüngten Parcellen weniger Phosphorsäure enthalten als die von ungedüngten Parcellen. Es ist nicht allein der Fall, wenn Chilisalpeter oder Kalisalze als Düngung angewandt worden sind, sondern auch dann, wenn gar keine Düngung angewandt wird.

Vergleichung der Stickstoffgehalte in den Gerstenwurzeln von gedüngten und ungedüngten Parcellen.

(Siehe Tabelle Nr. II.)

Der grösseren Vollständigkeit wegen will ich auch die bei der Untersuchung der Gerstenwurzeln gefundenen Stickstoffgehalte der einzelnen Bonitäten einer näheren Vergleichung unterwerfen, obgleich die Gehalte nur sehr geringe Unterschiede aufweisen.

Erste Bonität. Parcelle Nr. 1 – 10 und Nr. 49—58. Zu den Parcellen Nr. 1—10 gehört als ungedüngte Parcelle Nr. 4, deren Wurzeln 0,948 % Stickstoff enthalten. Den niedrigsten Procentgehalt besitzt Parcelle Nr. 2 mit 0,912 % und den höchsten Nr. 3 mit 1,078 %. Die Unterschiede schwanken zwischen — 0,036 % und + 0,130 %. Die Parcellen Nr. 49—58 besitzen als ungedüngte Parcelle Nr. 49 mit einem Stickstoffgehalte von 1,126 %. Der Procentgehalt schwankt zwischen 0,958 % (Nr. 57) und 1,131 % (Nr. 53), die Unterschiede von der ungedüngten Parcelle sind + 0,005 % und — 0,168 %.

Zweite Bonität. Parcelle Nr. 11—24 und 34—48. Zu den Parcellen Nr. 11—24 gehört als ungedüngte Parcelle Nr. 15 mit 1,083 % Stickstoff. Den niedrigsten Stickstoffgehalt zeigt Nr. 14 mit 0,760 % und den höchsten Nr. 13 mit 1,157 %. Die Abweichungen von der ungedüngten Parcelle schwanken zwischen — 0,323 % und + 0,074 %. Bei den Parcellen Nr. 34—48 ist Vergleichsbasis Nr. 39 mit 1,003 % Stickstoff. Parcelle Nr. 35 hat als niedrigsten Gehalt 0,778 % Stickstoff, während Nr. 46 als höchsten Gehalt 1,092 % Stickstoff hat. Die Procentgehalte schwanken zwischen — 0,225 % und + 0,089 %.

Dritte Bonität. Parcelle 30—33 und Nr. 25—29. Parcelle Nr. 30 ist die ungedüngte Parcelle für die 2 folgenden Parcellen mit einem Stickstoffgehalte von 1,027 %. Parcelle Nr. 33 hat den niedrigsten Stiffstoffgehalt mit 0,760 % und Parcelle Nr. 32 den höchsten mit 1,020 %. Beide bleiben unter dem Procentgehalte der ungedüngten Parcelle zurück und zwar Nr. 33 um — 0,267 % und Nr. 32 um — 0,007 %. Endlich haben die Parcellen Nr. 25 –29 als ungedüngte Parcelle Nr. 26 mit 1,077 %. Stickstoffgehalt. Parcelle Nr. 25 weist den niedrigsten Gehalt

mit 0,837 % und Nr. 29 den höchsten mit 1,084 % auf. Die Unterschiede von der ungedüngten sind — 0,240 % und + 0,007 %.

Zusammenstellung der einzelnen Bonitäten:

I.	Bonität	untere	Reihe	Parcelle	Nr.	1—10	Differenz	+ 0,130 %	und	— 0,036 %
II.	„	„	„	„	„	11—24	„	+ 0,074 %	„	— 0,323 %
III.	„	„	„	„	„	25—29	„	+ 0,007 %	„	— 0,240 %
							Durchschnitt	+ 0,070 %	und	— 0,199 %

I.	Bonität	obere	Reihe	Parcelle	Nr.	49—58	Differenz	+ 0,005 %	und	— 0,168 %
II.	„	„	„	„	„	34—48	„	+ 0,089 %	„	— 0,225 %
III.	„	„	„	„	„	30—33	„		„	— 0,267 %
							Durchschnitt	+ 0,047 %	und	— 0,220 %

Nach der Vergleichung finden sich hier noch geringere Unterschiede als bei den Phosphorsäuregehalten. Es sind die Unterschiede, welche einen höheren Gehalt zeigen, bei weitem geringer als bei den Parcellen, welche unter dem Procentgehalt der ungedüngten Parcellen zurückbleiben. Dies kommt einfach daher, weil einige Parcellen einen bedeutend kleineren Procentgehalt aufweisen als bei den ungedüngten. Ich hätte diese Parcellen einfach als falsch bezeichnen können, da die beiden anderen mit gleicher Düngung versehenen Parcellen ziemlich genau übereinstimmen. Allein da dieselben auf das Gesammtresultat wenig Einfluss haben, namentlich da es nur 5 Parcellen sind, die grössere Abweichungen in ihrem Stickstoffgehalt zeigen, während die anderen 53 Parcellen in ihrem Stickstoffgehalt ziemlich übereinstimmen, so habe ich diese 5 abweichenden Stickstoffgehalte der Vergleichung ebenfalls mit unterworfen.

Vergleichung der Durchschnittsstickstoffgehalte in den Gerstenwurzeln von gedüngten und ungedüngten Parcellen.

(Siehe Tabelle Nr. III.)

Ganz unbedeutend werden die Unterschiede, wenn man die Durchschnittsstickstoffgehalte der Gerstenwurzeln von den ungedüngten Parcellen mit denjenigen der gleichmässig gedüngten Parcellen vergleicht.

Bei der Bestimmung des Durchschnittsstickstoffgehaltes der gleichmässig gedüngten Parcellen sind die Parcellen, welche in ihrem Stickstoffgehalt zu weit von den beiden dazu gehörigen Parcellen abweichen, weggelassen worden, weil dadurch der Durch-

schnittsgehalt an Stickstoff zu weit heruntergedrückt worden wäre und dadurch ein zu grosser Fehler entstanden wäre.

Bei den Wurzeln der ungedüngten Parcellen beträgt der Durchschnittsgehalt an Stickstoff 1,057 %. Es sind im ganzen nur 2 Durchschnittsstickstoffgehalte von gleichgedüngten Parcellen vorhanden, welche den der ungedüngten Parcellen übersteigen. Dies sind die Parcellen mit 1 P. und ½ P. und zwar beträgt der Unterschied bei der letzteren Düngung + 0,014 % und bei der ersteren nur + 0,002 %. Besonders hervorzuheben ist, dass gerade die Wurzeln der mit reiner Phosphorsäure gedüngten Parcellen in ihrem Durchschnittsprocentgehalt den Durchschnittsgehalt der ungedüngten Parcellen übersteigen. Wenn man die Durchschnittsstickstoffgehalte der Wurzeln der noch übrig bleibenden gleichgedüngten Parcellen mit dem Durchschnittsgehalte der Wurzeln der ungedüngten Parcellen vergleicht, so findet man, dass die Abweichungen viel bedeutender sind. Den niedrigsten Durchschnittsprocentgehalt zeigen die Wurzeln der mit 1 P. + ½ N. versehenen Parcellen, sie haben nur einen Durchschnittsprocentgehalt von 0,957 %, also — 0,100 % weniger als der Durchschnittsprocentgehalt der ungedüngten Parcellen aufweist. Während der höchste Durchschnittsprocentgehalt nur 0,014 % mehr beträgt, als der Durchschnittsgehalt der ungedüngten Parcellen, bleibt der niedrigste Durchschnittsprocentgehalt um 0,100 % zurück. Es ist also die Abweichung bei den gleichgedüngten Parcellen, welche den Durchschnittsgehalt der ungedüngten Parcellen nicht erreichen um das 8fache grösser, als bei denen, welche den Durchschnittsgehalt der ungedüngten Parcellen übersteigen. Nach diesen Analysen kann man bestimmt annehmen, dass der Nährstoffgehalt des Bodens in keiner Beziehung zu der Zusammensetzung der Gerstenwurzeln steht. Die Stickstoffbestimmungen berechtigen ebenfalls zu der Annahme, dass ähnlich wie bei der Phosphorsäure, die Gerstenwurzeln der gedüngten Parcellen weniger Stickstoff enthalten, als die Wurzeln der ungedüngten Parcellen.

Bei alleiniger Anwendnng von Stallmist verhält sich der Stickstoffgehalt ebenso wie der der Phosphorsäure; nämlich der Gehalt an Stickstoff in den Wurzeln steigt mit der Ab-

nahme der Stallmistdüngung. Wenn auch hier die Abweichungen der Durchschnittsstickstoffgehalte bei den mit Stallmist gedüngten Parcellen nicht so gross sind als dies bei den Durchschnittsgehalten der Phosphorsäure der Fall ist, so kann man doch den Schluss daraus ziehen, dass sich die Gerstenwurzeln bei sonst gleichen Verhältnissen in ihrem Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt gleichmässig verhalten. Ausser dem Einfluss der Stallmistdüngung lässt sich nach den gefundenen Resultaten keine Einwirkung irgend eines anderen Düngemittels auf den Stickstoffgehalt der Gerstenwurzeln mehr wahrnehmen.

Vergleichung der Stickstoff- und Phosphorsäuregehalte in den Körnern von gedüngten und ungedüngten Parcellen.

(Siehe Tabelle I. und II.)

Nach der Untersuchung der Gerstenwurzeln auf ihren Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff, unterwarf ich die Körner der einzelnen Parcellen ebenfalls einer Analyse auf ihren Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff. Leider konnte ich aus Mangel an Zeit die Phosphorsäurebestimmungen von den Körnern nicht alle ausführen, sondern ich musste mich auf 19 Parcellen beschränken und zwar habe ich dann von je 3 gleichmässig gedüngten Parcellen nur eine Körnerprobe analysirt, während von den ungedüngten Parcellen, da die Anzahl derselben doppelt so gross ist, 2 Körnerproben untersucht wurden. Nach den gemachten Stickstoffbestimmungen ergaben sich folgende Resultate. (Siebe Tabelle Nr. II.)

Erste Bonität. Parcelle Nr. 1—10 und Nr. 49—58.

Zu den Parcellen Nr. 1—10 gehört als ungedüngte Parcelle Nr. 4 mit 1,576 % Stickstoff. Als höchster Gehalt findet sich 2,008 % Stickstoff in Parcelle Nr. 3 und als niedrigster 1,524 % Stickstoff in Parcelle Nr. 7. Es sind demnach Unterschiede von —0,052 % und +0,432 % vorhanden. Die Parcellen Nr. 49 bis 58 haben als ungedüngte Parcelle Nr. 49 mit 1,532 % Stickstoff. In den Körnern der Parcelle Nr. 55 findet sich der höchste Stickstoffgehalt mit 1,780 %, also +0,248 % mehr, in den Körnern der Parcelle Nr. 50 ist der niedrigste Stickstoffgehalt mit

1,481 % also —0,051 % weniger als in den Körnern der ungedüngten Parcellen.

Zweite Bonität umfasst Parcelle Nr. 11—24 und Parcelle Nr. 34—48.

Der Stickstoffgehalt der Parcellen Nr. 11—24 ist mit dem Stickstoffgehalt von Nr. 15, also mit 1,545 % Stickstoff und derjenige der Parcellen Nr. 34—48 mit den von Nr. 39, also mit 1,525 % Stickstoff zu vergleichen. Bei dem Stickstoffgehalte der Parcellen 11—24 finden sich als grösste Abweichungen von dem Stickstoffgehalt der ungedüngten Parcelle in Parcelle Nr. 11 — 0,138 % und in Parcelle Nr. 22 +0,543 %. Bei der Parcellenreihe Nr. 34—48 übersteigt der Stickstoffgehalt der Parcelle Nr. 42 den der ungedüngten Parcelle um +0,419 % und Parcelle Nr. 38 um +0,019 %.

Dritte Bonität umfasst die Parcellen Nr. 30—33 und Nr. 25—29.

Zu den letzteren 5 Parcellen gehört Nr. 26 als ungedüngte Parcelle mit 1,590 % Stickstoffgehalt. Parcelle Nr. 25 zeigt den höchsten Procentgehalt mit 1,722 % Stickstoff und Parcelle Nr. 27 den niedrigsten mit 1,603 % Stickstoff, sodass die Unterschiede +0,013 % und +0,132 % betragen. Die Parcellen Nr. 30—33 haben als ungedüngte Parcelle Nr. 30 mit 1,666 % Stickstoff. Den niedrigsten Procentgehalt besitzt Parcelle Nr. 31 mit 1,449 % Stickstoff, also —0,217 % weniger und den höchsten Nr. 32 mit 1,787 % Stickstoff, also +0,121 % Stickstoff mehr als der Stickstoffgehalt der ungedüngten Parcelle beträgt. Die Unterschiede in dem Stickstoffgehalt der gedüngten von ungedüngten Parcellen der 3 Bonitäten gestalten sich wie folgt:

A.

		Niedrigster	Höchster Gehalt an Stickstoff
I. Bonität untere Reihe Parcelle	1—10	—0,052 %	+0,432 %
II. „ „ „ „	11—24	—0,138 %	+0,543 %
III. „ „ „ „	28—29	—	+0,132 %
Durchschnittsdifferenzen		—0,095 %	+0,369 %

		Niedrigster	Höchster Stickstoffgehalt
I. Bonität obere Reihe Parcelle	49—58	—0,051 %	+0,248 %
II. „ „ „ „	34—48	—	+0,419 %
III. „ „ „ „	30—33	—0,217 %	+0,121 %
Durchschnittsgehalte		—0,134 %	+0,263 %

Bei Vergleichung der Stickstoffgehalte der Körner von den gedüngten und ungedüngten Parcellen in den einzelnen Bonitäten fällt zunächst auf, dass der Stickstoffgehalt von den Körnern der gedüngten Parcellen nur um Weniges unter den Stickstoffgehalt der Körner von den ungedüngten Parcellen sinkt. Hingegen übersteigen die Stickstoffgehalte der Körner von den gedüngten Parcellen den Stickstoffgehalt der Körner von den ungedüngten um Beträchtliches. Es sind überhaupt nur wenige vorhanden, von welchen die Körner weniger Stickstoffgehalt aufweisen als in den Körnern der ungedüngten Parcellen.

Vergleichung der Durchschnittsstickstoffgehalte in den Körnern von gedüngten und ungedüngten Parcellen.

(Siehe Tabelle Nr. III.)

Vergleicht man die Durchschnittsstickstoffgehalte von den Körnern der gleichgedüngten Parcellen mit dem Durchschnittsgehalte der ungedüngten Parcellen, so wird der Durchschnittsgehalt der ungedüngten Parcellen von allen anderen Durchschnittsgehalten der gedüngten Parcellen überstiegen und bei vielen kommen sogar ziemlich bedeutende Unterschiede vor. Nur die Parcellen mit ganzer und halber Stickstoffdüngung bleiben in ihrem Durchschnittsgehalte um eine Wenigkeit von dem der ungedüngten Parcellen zurück. Bei der Berechnung der Durchschnittsgehalte mussten die Parcellen Nr. 16 und 32 weggelassen werden, da dieselben zu bedeutende Abweichungen von den beiden anderen dazu gehörigen gleichgedüngten Parcellen zeigten.

Besonders auffällig ist der Einfluss des Stallmistes auf den Stickstoffgehalt der Körner. Bei der Vergleichung der Durchschnittsgehalte der mit Stallmist gedüngten Parcellen findet sich, dass der Stickstoffgehalt gleichmässig mit der Abnahme der Stallmistdüngung sinkt. Ebenso verhält sich die Stallmistdüngung auf den Parcellen, wo neben derselben noch Phosphorsäuredüngung angewandt worden ist; bei denselben nimmt der Stickstoffgehalt regelmässig mit der Stärke der Stallmistdüngung zu. Ausserdem ist noch bei der Körneranalyse zu beachten, dass mit der Stärke der Phosphorsäuredüngung zugleich der Stickstoffgehalt der Körner steigt, und zwar macht sich

diese Steigerung nicht allein in den Parcellen, die mit Stallmist oder mit Phosphorsäure und Stallmist zusammen gedüngt worden sind bemerkbar, sondern es gilt dasselbe auch für die Parcellen, die Phosphorsäuredüngung oder Phosphorsäure- mit Stickstoffdüngung erhalten haben. Nur bei den Körnern der Parcellen, welche $^1/_2$ P. + $^1/_2$ N. und 1 P. + $^1/_2$ N. erhalten haben, trifft dieser ausgesprochene Satz nicht ein. Der grossen Anzahl der andern Analysen gegenüber, ist die Anzahl der abweichenden Analysen zu gering um irgendwie das Gesammtresultat zu beeinflussen.

Vergleichung der Phosphorsäuregehalte in den Körnern von gedüngten und ungedüngten Parcellen.

(Siehe Tab. Nr. I).

Während sich in den Stickstoffgehalten der Körner bei den gedüngten und ungedüngten Parcellen wesentliche Unterschiede zeigen, finden sich in den Phosphorsäuregehalten der Körner so geringe Unterschiede, dass man dieselben bei den gedüngten und ungedüngten Parcellen als gleich annehmen kann. Es wurden im ganzen von 19 Parcellen die Körner untersucht und zwar waren von diesen Parcellen 2 ungedüngt, während die anderen Parcellen verschieden gedüngt waren. Von diesen 19 Körnerproben weichen nur 2 in ihrem Phosphorsäuregehalt beträchtlich von den anderen ab, indem sie etwas weniger Phosphorsäure enthalten. Von 17 Körnerproben stimmt also der Phosphorsäuregehalt fast ganz überein und es lässt sich hieraus wohl der Schluss ziehen, dass die Phosphorsäuregehalte von den Körnern der anderen Parcellen ebenfalls wenig abweichen werden von den Phosphorsäuregehalten der untersuchten Körner.

Die gefundenen Resultate der Körneranalysen erklären die während der Vegetationszeit gemachten Beobachtungen. Wie schon früher erwähnt wurde, waren die mit Phosphorsäure und Stallmist gedüngten Parcellen deutlich während ihrer Vegetationszeit zu unterscheiden. Die Stallmistdüngung verhält sich ebenso, wie die Phosphorsäuredüngung, da in ersterer immer Phosphorsäure mit enthalten ist.

Die Körneranalysen geben über diese Erscheinung vollständigen Aufschluss. Bei der Vergleichung der Durchschnittsstickstoffge-

halte der Körner von den gleichgedüngten Parcellen ist es auffällig, dass letztere von ersteren fast regelmässig überstiegen werden, nur die Durchschnittsstickstoffgehalte der Parcellen, welche ganze und halbe Stickstoffdüngung erhalten haben, bleiben unter dem Durchschnittsgehalte der ungedüngten Parcellen zurück. Es wird demnach nach den gefundenen Resultaten die Phosphorsäure nicht bei stärkerer Düngung in grösseren Mengen aufgenommen, sondern sie bewirkt nur eine lebhaftere Stickstoffaufnahme. Die mit Chilisalpeter gedüngten Parcellen müssen ebenso betrachtet werden als die ungedüngten Parcellen, da der Chilisalpeter absolut keine Nachwirkung zeigt. Die Gerstenwurzeln von den mit Chilisalpeter gedüngten Parcellen verhalten sich auch ebenso, wie diejenigen von den ungedüngten Parcellen.

Verhalten der Körner- und Wurzelanalysen zu einander.

(Siehe Tab. Nr. I und II.)

Unterzieht man die Körner- und Wurzelanalysen einer nähern Vergleichung, so kommen teilweise sehr beachtenswerte Verhältnisse zum Vorschein. Auffällig ist es, dass sich die Durchschnittsstickstoffgehalte in den Wurzeln der gleichmässig gedüngten Parcellen genau so verhalten wie die Phosphorsäuregehalte bei den Körnern der gleichmässig gedüngten Parcellen. Die Durchschnittsstickstoffgehalte von den Wurzeln gleichgedüngter Parcellen zeigen nur sehr geringe Abweichungen von dem Durchschnittsgehalte der ungedüngten Parcellen, ebenso verhalten sich die Phosphorsäuregehalte der Körner. Ausserdem sind die Phosphorsäuregehalte in den Körnern und die Stickstoffgehalte in den Wurzeln einander ziemlich gleich, nur der Phosphorsäuregehalt in den Körnern ist etwas höher. Es verhalten sich also sowohl die Durchschnittsstickstoffgehalte als auch die Stickstoffgehalte in den Wurzeln der einzelnen Parcellen ebenso gleichmässig wie die Phosphorsäuregehalte in den Körnern.

Anders hingegen verhalten sich bei gleichmässig gedüngten Parcellen die Durchschnittsphosphorsäuregehalte in den Wurzeln und die Durchschnittsstickstoffgehalte in den Körnern gegen die Durchschnittsgehalte der ungedüngten Parcellen. Bei ersteren

bleiben fast sämmtliche Durchschnittsgehalte der gleichgedüngten Parcellen hinter denen der ungedüngten Parcellen zurück, während bei letzteren die Durschnittsgehalte der ungedüngten Parcellen von denen der gedüngten Parcellen bei weitem überstiegen werden. Dieses entgegengesetzte Verhalten der Durchschnittsprocentgehalte an Phosphorsäure und Stickstoff bei den gedüngten Parcellen zu den der ungedüngten Parcellen lässt sich nicht nur in den Durchschnittsgehalten nachweisen, sondern es ist deutlich bei jeder einzelnen Parcelle zu erkennen, die mit Phosphorsäure oder Stallmist oder mit beiden zusammen gedüngt ist.

Allerdings sind die Unterschiede der Durchschnittsphosphorsäuregehalte der Wurzeln bei den zu vergleichenden Parcellen nicht so hervortretend, als bei den Durchschnittsstickstoffgehalten der Körner; allein dies kommt daher, weil überhaupt die Durchschnittsphosphorsäuregehalte der gedüngten Parcellen nur wenig abweichen. Bei den Körneranalysen sieht man deutlich, dass sich der Stickstoffgehalt gerade umgekehrt verhält wie bei den Wurzelanalysen der Phosphorsäuregehalt. Nach den gefundenen Resultaten steht es ausser Zweifel, dass zwischen der Phosphorsäuredüngung und dem Stickstoffgehalt der Körner irgend eine Beziehung vorhanden ist.

Verhalten der Körner- und Wurzel-Analysen zu der von Heinrich aufgestellten Theorie.

Es fragt sich, wie sich die Ergebnisse zu der von Heinrich aufgestellten Theorie stellen. Heinrich stellt in seiner neuen Lehre über die Beurteilung der Ackerkrume S. 61 und 73 folgenden Hauptgrundsatz auf: Der Nährstoffgehalt der Pflanze richtet sich nach dem Nährstoffgehalt des Bodens und zwar spricht sich dieser Unterschied an Nährstoffgehalt am Deutlichsten in den unteren oder älteren Teilen der Pflanzen aus, während derselbe in den oberen oder jüngeren Teilen der Pflanze weniger deutlich zu bemerken ist. Da nun die Wurzeln die untersten sowie die ältesten Teile der Pflanzen sind, so sind nach Heinrich die Wurzeln die geeignetsten Organe, in welchen der Unterschied in der Nährstoffaufnahme am besten nachgewiesen werden kann.

Die von mir angestellten Wurzeluntersuchungen stimmen mit den Behauptungen Heinrich's in keiner Weise überein. Es müssten nach der Theorie von Heinrich die Gerstenwurzeln von den Parcellen, welche gedüngt worden sind, mehr Pflanzennährstoffe enthalten, als die Wurzeln der ungedüngten Parcellen. Allein, während die Phosphorsäuregehalte der gedüngten Parcellen gerade das Gegenteil beweisen, nämlich dass der Phosphorsäuregehalt der Wurzeln mit der Abnahme der Düngung steigt, finden sich in dem Stickstoffgehalte bei den Wurzeln von gedüngten und ungedüngten Parcellen so geringe Abweichung, dass dieselben kaum der Beachtung wert sind. Es eignen sich daher die Gerstenwurzeln nicht dazu um nach ihrem Nährstoffgehalt irgend einen Rückschluss auf den Nährstoffgehalt des Bodens machen zu können.

Die Phosphorsäuregehalte der Körner verhalten sich ebenso wie die Stickstoffgehalte der Wurzeln d. h. die Phosphorsäuregehalte der Körner von gedüngten und ungedüngten weichen nicht von einander ab. Anders verhalten sich die Stickstoffgehalte der Körner; bei denselben sind die gedüngten Parcellen leicht durch ihren Mehrgehalt an Stickstoff zu erkennen. Hier steigt jedoch der Stickstoffgehalt allein bei den mit Stallmist oder Phosphorsäure gedüngten Parcellen. Es lässt sich also auch der Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt der Körner in keine Beziehung zu dem Gehalte des Bodens an den betreffenden Stoffen bringen.

Der Stickstoffgehalt der Körner liefert zugleich den Beweis, dass der von Heinrich aufgestellte Satz: Dass sich die Unterschiede der Nährstoffgehalte von gedüngten und ungedüngten Pflanzen am deutlichsten in den Wurzeln zeigen, ebenfalls nicht überall Giltigkeit hat. In den Stickstoffgehalten der Körner finden sich viel bedeutendere Unterschiede als in den Phosphorsäure- und Stickstoffgehalten der Wurzeln.

Es können also die von Heinrich aufgestellten Grund-Hauptsätze, auf welche er seine ganze Theorie gründet, nicht als allgemein giltig anerkannt werden; sondern dieselben mögen wohl für die Verhältnisse zutreffend gewesen sein, unter denen das von Heinrich analysirte Getreide herangewachsen ist, was mir aber vollständig unwahrscheinlich erscheint; jedenfalls lassen sich diese Sätze nicht allgemein anwenden. Ich bin weit davon entfernt zu

behaupten, dass sich der Nährstoffgehalt in den Wurzeln und Körnern immer so verhält, wie ich in den von mir gemachten Analysen gefunden habe, im Gegenteil bin ich der festen Ueberzeugung, dass nicht allein die Nährstoffaufnahme bei Bodenarten von anderer Zusammensetzung aber gleicher Düngung eine ganz verschiedene ist, sondern dass sich die Aufnahme der Nährstoffe auch ändert mit den Witterungsverhältnissen. Es können sich zum Beispiel die Phosphorsäure- und Stickstoffgehalte der Wurzeln und Körner vollständig verschieden verhalten, je nachdem trockne oder nasse Witterung vorhanden ist.

Das Nährstoffminimum im Boden und das Verhalten der Wurzel- und Körneranalysen zu demselben.

Wenn auf einem Boden ohne Düngung mehrere Jahre nach einander dieselben Pflanzen angebaut werden, sinken die Erträge immer mehr und mehr bis zu einem Punkte, bei dem sie fest stehen bleiben oder von dem sie nur wenig abweichen. Dieser Zeitpunkt tritt bei verschiedenen Pflanzen früher oder später ein; denn gewisse Pflanzen lassen sich mehrere Jahre nach einander auf demselben Boden anbauen, ohne dass ihr Ertrag eine wesentliche Verminderung erfährt, während andere Pflanzen schon bei der zweiten Anbauung eine starke Verminderung der Ernte aufweisen. Die Ursachen dieser Erscheinung sind im wesentlichen leider noch sehr wenig bekannt. In der Regel nimmt man an, insofern die Ursachen von der Abnahme des Nährstoffes abhängig sein können, dass der Gehalt des einen oder anderen Nährstoffes, welcher den Pflanzen im Boden zur Verfügung stand, so weit dem Boden entzogen worden ist, dass in der Folge die Erträge von der zu grossen Verminderung des betreffenden Nährstoffes abhängig werden, indem derselbe aus dem Vorrate des Bodens in leicht aufnehmbarer Form nur noch in dem Masse dargeboten werden kann, als auf natürlichem Wege nach und nach zur Disposition gestellt werden kann.

Man kann im Boden ein relatives und ein absolutes Nährstoffminimum unterscheiden. Ersteres bezieht sich nur auf diejenigen Nährstoffe, welche für die Pflanzen im Boden assimilirbar sind, also es sind die Stoffe, welche wir nach Drechsler

als Ursache der Erschöpfung anzusehen haben, während das letztere auf der natürlichen Zusammensetzung des Bodens beruht. Drechsler bezeichnet dieses letztere Nährstoffminimum als faktisches. Es ist zwischen den beiden Nährstoffminimis ein ganz bedeutender Unterschied zu machen, während das faktische oder absolute Nährstoffminimum feststehend und dauernd ist, wenn es nicht beseitigt wird, so hängt das relative Nährstoffminimum allein von dem Entzuge der Nährstoffe durch die Pflanzen ab; es ist daher dieses Nährstoffminimum nur ein vorübergehendes und es wechselt je nach dem Verhalten der angebauten Pflanzen zu einem oder dem anderen Nährstoffe. Mit dem relativen Nährstoffminimum Drechsler's ist das Nährstoffminimum Liebig's identisch. Seit der Lehre J. v. Liebig's sieht man die Düngung als eine Vervollständigung derjenigen Nährstoffe an, die im Boden im Minimum vorhanden sind, und von welchen dann die Erträge des Bodens abhängig werden. Wie Liebig ein Nährstoffminimum im Boden annimmt, so spricht auch Heinrich von einem Nährstoffminimum in dem Gehalte der Wurzeln. Beide Nährstoffminima treten erst dann auf, wenn eine Pflanze mehrere Jahre nach einander angebaut wird. Es nimmt der Nährstoffgehalt im Boden und in den Wurzeln langsam ab bis zu einem gewissen Grade, wo der Nährstoffgehalt beständig bleibt und dann ist der Nährstoffgehalt bis auf das Minimum gefallen. Ist dieses Minimum für die einzelnen Nährstoffe bestimmt, so ist es nach der Methode von Heinrich sehr leicht einen Rückschluss auf die im Boden vorhandenen assimilirbaren Pflanzennährstoffe zu ziehen, da nach Heinrich der Nährstoffgehalt der Wurzeln mit dem Gehalte an assimilirbaren Nährstoffen im Boden gleichmässig fällt oder steigt. Man braucht dann nur in den Wurzeln den Nährstoffgehalt zu bestimmen und die gefundenen Mengen mit dem Minimum zu vergleichen, so ergiebt sich hieraus, welche Nährstoffe dem Boden zuzuführen sind. Die Nährstoffe, welche sich bei der Wurzelanalyse in der gefundenen Menge dem Minimum am meisten nähern, müssen durch die Düngung zugeführt werden. Dem Minimalnährstoffgehalte in den Wurzeln stellt Heinrich einen Maximalnährstoffgehalt entgegen, so dass sich sämmtliche Nährstoffgehalte in den Wurzeln zwischen diesen beiden Nährstoffgehalten bewegen müssen. Je mehr sich der Nähr-

stoffgehalt dem Maximalgehalte nähert, in desto geringerer Menge braucht der betreffende Nährstoff durch die Düngung in den Boden gebracht zu werden. Allein so einfach und klar sind diese Verhältnisse doch nicht. Ich habe schon früher erwähnt, dass namentlich die Bestimmung des Minimums in praktischer Hinsicht sehr viel Schwierigkeiten macht, und dass sich überhaupt gegen diese Methode verschiedene Bedenken erheben.

Die von mir ausgeführten Wurzelanalysen beweisen vollständig, dass die Heinrich'schen Sätze nicht aufrecht erhalten werden können. Nach diesen Grundsätzen müssten die Gerstenwurzeln der ungedüngten Parcellen weniger Nährstoffgehalt aufweisen als diejenigen der gedüngten Parcellen und müsste in den Wurzeln der gedüngten Parcellen je nach Stärke der Düngung der eine oder andere Stoff in den betreffenden Wurzeln mehr oder weniger vertreten sein. In den von mir ausgeführten Wurzelanalysen macht sich aber eine Zunahme des Gehaltes an Nährstoffen mit der Stärke der Düngung nicht bemerkbar. Es tritt bei den Phosphorsäuregehalten der Wurzeln sogar gerade das umgekehrte Verhältnis ein. Der Nährstoffgehalt der Wurzeln nimmt nämlich mit der Zunahme der Düngung ab; denn die Durchschnittsphosphorsäuregehalte in den Wurzeln der ungedüngten Parcellen sind nur mit einigen Ausnahmen grösser als in den Wurzeln der gedüngten Parcellen.

In den Durchschnittsstickstoffgehalten der Wurzeln von gedüngten und ungedüngten Parcellen finden sich weit geringere Unterschiede, als bei den Phosphorsäuregehalten. Es ist also anzunehmen, dass die Heinrich'schen Grundsätze nicht zutreffen und dass in Folge dessen seine ganze Theorie nicht haltbar ist.

Die Drechsler'schen Sätze und ihre Beziehungen zu dem Stickstoffgehalte der Körner.

Günstigere und bei weitem brauchbarere Resultate als die Wurzelanalysen liefern die Körneranalysen und es sind hier besonders die Stickstoffbestimmungen von Wichtigkeit. Dieselben gestatten schon aus dem Grunde eine bessere Uebersicht, weil bei denselben die gedüngten und ungedüngten Parcellen in ihrem

Stickstoffgehalte bei weitem grössere Abweichungen aufweisen, als die Phosphorsäure- und Stickstoffgehalte der Wurzeln. Da die gefundenen Resultate in Bezug auf Nährstoffaufnahme bei der Gerste in ziemlichem Einklang stehen mit bereits von Drechsler im Journal für Landwirtschaft, Heft II [1]) veröffentlichten Beobachtungen, so muss ich hier auf die von Drechsler ausgesprochenen Sätze etwas näher eingehen; diese letzteren enthalten im Wesentlichen Folgendes: Bei der Düngung ist darauf zu achten, dass mit derselben dem Boden unter Berücksichtigung der disponiblen Nährstoffe, diejenigen Nährstoffe zugeführt werden, welche die der Düngung folgenden Gewächse hauptsächlich bedürfen. Die Nährstoffe müssen jedoch mindestens in assimilirbarer Form so vorhanden sein, dass sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Die Wirkung oder Nichtwirkung des Düngers hängt bei den einzelnen Pflanzen von besonderen Eigenschaften ab, welche bei verschiedenen Pflanzen verschieden sind.

Gewisse Pflanzen decken ihren Bedarf an Phosphorsäure ausschliesslich oder zum grössten Teile aus dem Vorrate des Bodens, die anderen vorzugsweise aus dem Dünger.

Der einen Pflanze sind dann diejenigen Nährstoffe zuzuführen, welche sie im Stande ist aus dem Dünger aufzunehmen; diejenigen aber, welche sie dem Dünger gar nicht entnehmen kann, sondern die sie meistenteils dem Vorrate des Bodens entnimmt, sind im Dünger für diese Pflanze überflüssig.

Die Wirkung einer Düngung ist nicht unbedingt abhängig von dem Nährstoffvorrat, denn eine Düngung wirkt nicht dadurch, dass der Nährstoffvorrat vergrössert wird, sondern dadurch, dass die Pflanzenwurzel die Fähigkeit besitzt, die Nährstoffe aus dem Dünger aufzunehmen. Diese Aufnahme findet statt nicht nur, wenn der Vorrat an Nährstoffen beträchtlich ist, sondern auch wenn er gering ist. Es ist demnach aus der Wirkung einer Düngung kein Rückschluss auf das Nährstoffverhältnis im Boden, auf ein Nährstoffminimum nicht möglich.

---

1) XXXI. Jahrgang 1883, p. 262 u. f.

Die Stickstoffbestimmungen der Körner geben — leider konnten die Erträge zu irgend einem Vergleiche nicht benutzt werden, da stellenweise Lagerung eingetreten war — ein ziemlich klares Bild über das Verhältnis der Stickstoffaufnahme zur Düngung. Bei Betrachtung der Stickstoffgehalte der Körner fällt besonders auf, dass der Stickstoffgehalt in den Körnern der Parcellen, welche mit Chilisalpeter gedüngt und ungedüngt waren, keine Unterschiede aufweisen. Dieses Verhalten würde nach Heinrich den Beweis liefern, dass diese Parcellen mit Stickstoff gedüngt werden müssten oder mit anderen Worten beweist der geringe Stickstoffgehalt der Parcellen, dass die Chilisalpeterdüngung schon im zweiten Jahre vollständig verschwunden ist und von einer Nachwirkung nicht gesprochen werden kann. Man kann also die im Vorjahr mit Chilisalpeter gedüngten Parcellen ebenso wie ungedüngte Parcellen betrachten.

Merkwürdig ist aber das Verhalten der Körner von den Parcellen, die mit Phosphorsäure allein gedüngt worden sind. Dieselben haben ebenfalls einen grösseren Durchschnittsgehalt an Stickstoff als die Körner der ungedüngten Parcellen.

Schon durch die Beobachtungen während der Vegetationsperiode konnten die mit Phosphorsäure und Stallmist gedüngten Parcellen deutlich von den ungedüngten und den mit Chilisalpeter gedüngten Parcellen unterschieden werden. Es ist dies um so wichtiger, als die Stickstoffgehalte in den Körnern den Beweis für dieses Verhalten der einzelnen Parcellen liefern. Um die Verhältnisse zwischen der Wirkung der Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung etwas deutlicher zu machen, muss ich auf das Verhalten der Vorfrucht zurückgreifen.

Im Vorjahr waren auf dem betreffenden Acker Zuckerrüben angebaut worden, welche die bereits angegebene Düngung erhielten, im übrigen wurde bei der Bestellung mit Gerste ganz genau dieselbe Parcelleneinteilung beibehalten. Es lieferten bei den Zuckerrüben einseitige Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung ganz geringe Mehrerträge. Die grössten Mehrerträge wurden erzielt durch Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung zugleich; und zwar wuchsen die Erträge mit der Zunahme der Stickstoffdüngung. Man ist also zu der Annahme berechtigt, dass der Boden Phosphorsäure und Stickstoff arm war und es war die Stickstoffarmut

von weit grösserem Einflusse als die Phosphorsäurearmut. Die Gerste verhält sich aber anders wie die Zuckerrüben. Während letztere mit der Zunahme der Stickstoffdüngung grössere Erträge lieferten, so zeigte sich bei ersterer die Phosphorsäuredüngung von sehr günstigem Einflusse auf die Vegetation. In wie weit die Phosphorsäure auf die Erträge einwirkte, konnte aus früher erwähnten Gründen nicht festgestellt werden. Trotzdem sich nach der Vorfrucht der Boden stickstoffarm erwies, zeigen die Körner der mit reiner Phosphorsäure gedüngten Parcellen einen höheren Durchschnittsstickstoffgehalt als die Körner der ungedüngten Parcellen. Diese Mehraufnahme der Körner an Stickstoff bei $^1/_2$ P. und 1 P. im Vergleich zu den Körnern der ungedüngten Parcellen kann allein eine Folge der Phosphorsäuredüngung sein. Denn sowohl die ungedüngten, als auch die mit Stickstoff gedüngten Parcellen erfahren keine Bereicherung an Stickstoff. Es kann daher diese Stickstoffbereicherung in den Körnern der mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen nur auf Kosten des Nährstoffvorrates im Boden geschehen sein. Obgleich die Stallmistdüngung eine Nachwirkung von mehreren Jahren aufweist, so zeigen die mit reiner Stallmistdüngung versehenen Parcellen in ihrem Durchschnittsstickstoffgehalt dennoch keinen Unterschied. Wäre der Stickstoffgehalt in den Körnern abhängig von der Stickstoffdüngung, so müssten demnach die Körner der mit Stallmist gedüngten Parcellen mehr Stickstoff enthalten als die Körner der mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen. Dies ist aber nicht der Fall. Der grössere Stickstoffgehalt der Körner von den Parcellen, die reine Stallmistdüngung erhalten haben, ist lediglich auf die Wirkung des Phosphorsäuregehaltes zurückzuführen, wie sich nach den gefundenen Resultaten ziemlich genau nachweisen lässt. Die Gerstenkörner der Parcellen, die 1 St. erhalten haben, haben einen Durchschnittsstickstoffgehalt von 1,721 % und die Parcellen mit 1 P. haben in ihren Körnern einen Durchschnittsstickstoffgehalt von 1,762 %. Wenn man 1 St. ungefähr 800 Ctr. schwer annimmt und auf 100 Teile Stallmist ungefähr 0,16 Teile Phosphorsäure rechnet, so sind in 800 Ctr. Stallmist 128 Pfd. Phosphorsäure enthalten, also beinahe ebensoviel als in 1 P. Man muss demnach annehmen, dass die Gerstenpflanze ihren Stick-

stoffgehalt vorzugsweise dem Nährstoffvorrat des Bodens entzieht, aber nur unter den gegebenen Verhältnissen.

Die Phosphorsäure ist es also, welche die Vermittlerin zwischen den Gerstenpflanzen und dem im Boden vorhandenen Stickstoffvorrate spielt. Sie verleiht den Gerstenpflanzen die Kraft den Stickstoff aus dem Vorrate des Bodens zu entziehen, damit sie den Stickstoff zum Aufbau ihres Leibes benutzen können. Ueberall da, wo Phosphorsäuredüngung angewendet worden ist, erfahren die Körner eine Vermehrung ihres Durchschnittsstickstoffgehaltes und zwar steigt derselbe gleichmässig mit der Stärke der Phosphorsäuredüngung. Demnach unterliegt es keinem Zweifel, dass die Steigerung des Stickstoffgehaltes der Gerstenkörner mit dem Vorrat an Phosphorsäure in ganz enger Beziehung steht und dass eine genügende Stickstoffaufnahme ohne genügenden Phosphorsäurevorrat nicht geschehen kann. Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass man Gerste unter gewissen Verhältnissen anbauen kann, ohne dass dazu eine besondere Stickstoffdüngung nötig ist, vorausgesetzt, dass der Boden Phosphorsäure in genügenden Mengen enthält.

Ich habe angenommen, dass die Gerstenpflanzen ihren Stickstoffgehalt dem Nährstoffvorrat des Bodens entnehmen. Es steht jedoch den Pflanzen noch Stickstoff in gasförmiger Form in der Atmosphäre zur Verfügung. Man ist bis jetzt der Meinung gewesen, dass der Stickstoff von den Pflanzen nur in ganz geringen Mengen im gasförmigen Zustande aufgenommen wird. Es scheint jedoch, als ob die Stickstoffaufnahme in Form von Ammoniak aus der Luft bei weitem grösser ist, als man bis jetzt angenommen hat. Wenigstens berechtigen die Resultate meiner Analysen zu diesem Schlusse. Wie ich schon oben erwähnt, ist der Stickstoffgehalt in den Körnern der Parcellen, welche 1 St. und 1 P. erhalten haben, ziemlich gleich. In diesen beiden Parcellenreihen ist zwar die Phosphorsäuremenge, welche man im vorhergehenden Jahre dem Boden gegeben hat, ziemlich gross, aber die Stickstoffmenge, welche man den beiden Parcellenreihen gegeben hat, ist eine ganz ungleiche. Während in der einen Parcellenreihe nur reine Phosphorsäuredüngung gegeben wurde,

wurde in der anderen mit der Phorphorsäure auch eine Stickstoffdüngung gegeben, so dass dadurch der Stickstoffvorrat des Bodens unbedingt eine Bereicherung an Stickstoff erfahren haben muss. Hätten die Gerstenpflanzen ihren Stickstoffgehalt allein aus dem Bodenvorrat oder doch vorzugsweise demselben entnommen, so müssten sich in den Durchschnittsgehalten der Körner von den Parcellen, welche Stickstoffdüngung neben Phosphorsäure und welche nur reine Phosphorsäuredüngung erhaltən haben, Unterschiede bemerkbar machen. Dies ist aber nicht der Fall, sondern der Durchschnittsstickstoffgehalt von beiden Parcellenreihen ist ziemlich gleich. Ob nun die Pflanzen durch die Phosphorsäure die Fähigkeit erlangen den Stickstoff direkt in Form von reinem Stickstoff oder von Ammoniak aufzunehmen oder ob die Phosphorsäure unter gewissen Verhältnissen dem Boden die Fähigkeit verleiht den Stickstoff aus der Luft leichter zu absorbiren, kann hier nicht entschieden werden. Jedenfalls berechtigen die gefundenen Resultate zu der Annahme, dass unter den gegebenen Verhältnissen die Gerstenpflanzen resp. Gerstenkörner ihren Stickstoffgehalt, wenn auch nicht vollständig, so doch eine gewisse Menge aus der Luft in Form von Ammoniak bezogen haben, wahrscheinlich den Ueberschuss, welchen die mit Phosphorsäure oder mit Stallmist gedüngten Parcellen gegenüber den ungedüngten aufweisen.

Der von Drechsler aufgestellte Satz, dass gewisse Pflanzen ihre Nährstoffe mit Vorliebe dem Dünger, während andere dieselben dem Nährstoffvorrat des Bodens entnehmen, muss zwar im allgemeinen anerkannt werden, aber er muss noch Beschränkung erfahren. Es kann sich nämlich ein und dieselbe Pflanze unter verschiedenen Verhältnissen ganz anders bei ihrer Nährstoffaufnahme verhalten. Von der Phosphorsäure ist bereits bekannt, dass dieselbe auf ein und dieselbe Pflanze je nach Beschaffenheit des Bodens entweder in gebundener oder löslicher Form günstiger wirkt. Man kann demnach nicht behaupten, dass eine Pflanze unter allen Verhältnissen entweder aus dem Vorrate des Bodens, oder dem Dünger aufnimmt, sondern es sind hierbei die Beschaffenheit des Bodens und

verschiedene andere Verhältnisse von bedeutendem Einflusse.

Nach den Beobachtungen von Drechsler entzogen Gerstenpflanzen ihren Stickstoffgehalt dem Dünger, während nach den von mir ausgeführten Körneranalysen der Stickstoffgehalt von der Düngung nicht allein vollständig unabhängig ist, sondern derselbe richtet sich allein nach dem Vorhandensein einer grösseren oder geringeren Menge von Phosphorsäure.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass es ganz verkehrt ist, vielleicht das Verhalten einer Pflanze gegen gewisse Nährstoffe auch auf andere Pflanzen übertragen zu wollen. So zeigte die Vorfrucht der Gerste besonders günstige Ernten bei Stickstoffdüngung, Phosphorsäuredüngung erhöhte zwar die Erträge auch etwas; aber am meisten wurden dieselben gesteigert, wenn Stickstoffdüngung neben Phosphorsäuredüngung gegeben wurde. Ganz anders hingegen verhalten sich die Gerstenpflanzen. Dieselben zeigen sich vollständig indifferent gegen Stickstoffdüngung, während ihre Vegetation durch Phosphorsäuredüngung bedeutend gefördert wird.

Die Wagner'schen Beobachtungen und die Phosphorsäuregehalte der Wurzeln.

Die Phosphorsäureanalysen der Wurzeln sind insofern von Wichtigkeit, als sie mit bereits von Wagner[1]) gemachten Beobachtungen übereinstimmen. Derselbe bemerkte, dass die Pflanzen, welche keine Phosphorsäuredüngung erhalten hatten, sondern nur mit Chilisalpeter und Kalisalz gedüngt waren, bei ihrer Reife in die Wurzeln fast noch mehr Phosphorsäure aufgenommen hatten, als die Pflanzen, welche mit Phosphorsäure gedüngt worden waren. Er führt diese Erscheinung darauf zurück, indem er annimmt, dass die Pflanzen, welchen Phosphorsäure in ihrer Jugend genügend zur Verfügung steht, ihren Phosphorsäurebedarf sofort vollständig decken und in Folge dessen in ihrer späteren Vegetationszeit wegen ihres schon hohen Phosphorsäuregehaltes nur geringe Mengen Phosphorsäure aufnehmen. An-

1) Journal für Landwirtschaft, XXXII. Jahrgang, 1884, S. 308.

ders verhalten sich dagegen die Pflanzen, welche Phosphorsäure anfangs nicht in genügender Menge zur Verfügung haben. Diese in ihrer Jugend phosphorsäurearmen Pflanzen nehmen während ihrer ganzen Vegetationsperiode Phosphorsäure auf. Wagner spricht sogar die Vermutung aus, dass die Pflanzen, welche keine Phosphorsäuredüngung erhalten haben, mehr Phosphorsäure aufnehmen können, als diejenigen, welche mit Phosphorsäure gedüngt sind.

Die Phosphorsäuregehalte der Gerstenwurzeln zeigen ein ähnliches Verhalten, denn die Gerstenwurzeln, welche auf ungedüngten und von mit Chilisalpeter gedüngten Parcellen gewachsen sind, enthalten ebenso viel Phosphorsäure als die mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen. Der Durchschnittsphosphorsäuregehalt von den Gerstenwurzeln der ungedüngten Parcellen übersteigt (Siehe Tab. Nr. I) mit einigen Ausnahmen alle anderen Durchschnittsphosphorsäuregehalte. Der wenigste Durchschnittsphosphorsäuregehalt findet sich gerade bei den Gerstenwurzeln der Parcellen, welche starke Düngung erhalten haben. Die Gerstenpflanzen können demnach ihren Bedarf an Phosphorsäure ebenfalls aus dem Nährstoffvorrat des Bodens decken, aber sie entnehmen denselben erst dann dem Boden, wenn ihnen in der Düngung nicht genügend Phosphorsäure geboten wird. Sonderbar ist es, dass, trotzdem bei den mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen überall eine günstige Wirkung zu beachten war, die Gerstenwurzeln derselben einen geringeren Gehalt an Phosphorsäure aufweisen, als die Gerstenwurzeln der ungedüngten Parcellen.

Wagner erklärt dies Verhalten der Phosphorsäure dadurch, indem er der Phosphorsäure nur dann Wirksamkeit zuschreibt, wenn sie den Pflanzen im jugendlichen Alter genügend zur Verfügung steht.

Die gefundenen Resultate der Wurzelanalysen können als eine Bestätigung dieses Wagner'schen Satzes gelten. Nach dem Stickstoffgehalt der Körner ist die Stickstoffaufnahme abhängig von der im Boden vorhandenen Phosphorsäuremenge. Bei den nicht mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen machte sich während der ganzen Vegetationszeit ein Mangel an Phosphorsäure geltend. Sie konnten dieselbe nur in solchen kleinen Mengen aufnehmen, als

sie vom Boden in assimilirbarer Form geboten wurde. Die Folge davon war, dass wegen Mangel an Phosphorsäure auch die Fähigkeit nur in geringem Masse vorhanden war Stickstoff aufzunehmen. Dadurch ist es leicht erklärlich, dass die Gerstenpflänzchen ohne Phosphorsäuredüngung in ihrer Vegetation gehemmt wurden; denn durch den Mangel an Phosphorsäure war ihnen zugleich auch die Fähigkeit entzogen, sich genügend mit Stickstoff versehen zu können. Da den Pflanzen die Möglichkeit abgeschnitten war, sich sofort genügend mit Phosphorsäure zu versehen, so waren dieselben gezwungen, während ihrer ganzen Vegetationszeit Phosphorsäure aufzunehmen um ihren Bedarf zu decken. Auf diese Weise kommt es, dass die Wurzeln von den Parcellen, welche keine Phosphorsäuredüngung erhalten haben, mehr Phosphorsäure enthalten, als die mit Phosphorsäure gedüngten Parcellen.

Anders hingegen ist es bei den Pflanzen, welche auf mit Phosphorsäure gedüngtem Boden vegetieren. Phosphorsäure steht ihnen gleich Anfangs in grosser Menge zur Verfügung. Die jungen Pflänzchen können ihren Bedarf an Phosphorsäure sofort vollständig decken und mit der Aufnahme der Phosphorsäure geht dann die Aufnahme des Stickstoffes Hand in Hand.

Ursprünglich scheint der Gerstenpflanze nicht die Fähigkeit eigentümlich zu sein, die Phosphorsäure aus dem Nährstoffvorrat des Bodens zu entnehmen, sondern sie scheint dies nur zu thun, wenn sie dazu gezwungen wird. Ist im Boden lösliche Phosphorsäure vorhanden, so wird zunächst dieselbe von den Gerstenpflanzen aufgenommen, bis der Vorrat erschöpft ist; genügt derselbe nicht mehr, so wird die Gerstenpflanze durch Mangel an Phosphorsäure dazu getrieben schliesslich noch den Vorrat des Bodens anzugreifen. Wird der Gerstenpflanze gar keine Phosphorsäure in löslicher Form dargeboten, so ist sie von vornherein darauf angewiesen, ihren Phosphorsäurebedarf aus dem Vorrat des Bodens zu entziehen. Allerdings kann die Entnahme der Phosphorsäure aus dem Vorrate des Bodens nicht so rasch und in nicht so grossen Mengen geschehen; denn es hängt dann namentlich davon ab, ob der Boden leicht verwittert oder nicht und in welcher Menge sich die Phosphorsäure überhaupt im Boden findet.

Es ist daher sehr schwierig bei den einzelnen Pflanzen genau zu erfahren, ob sie ihre Nährstoffe im wesentlichen dem Nährstoffvorrate des Bodens oder der Düngung entziehen; denn es können hier ganz verschiedene Umstände einwirken; als die physikalischen Eigenschaften des Bodens, die Form und die Menge des Düngers, seine Verteilung und die Zeit, in welcher derselbe den Pflanzen dargeboten wird. Weiter kann die Aufnahme eines Nährstoffes abhängig sein von der Anwesenheit eines anderen Nährstoffes und in welchen Mengen derselbe vorhanden ist.

Es lassen sich nach den gemachten Analysen über die Aufnahme des Stickstoffes und der Phosphorsäure bei den Gerstenpflanzen folgende Sätze aufstellen:

Die Gerstenpflanze entzieht ihren Bedarf an Phosphorsäure, so weit dies möglich ist aus der Düngung und zwar nimmt sie dann ihren Bedarf an Phosphorsäure in ganz kurzer Zeit auf. Kann der Bedarf nicht gleich vollständig gedeckt werden, so greift sie auch den Vorrat des Bodens an. Wird der Gerstenpflanze keine lösliche Phosphorsäure in der Düngung geboten, so nimmt sie ihren Bedarf an Phosphorsäure aus dem Vorrat des Bodens und zwar entzieht sie dann dem Boden mehr als sie aus einer starken Phosphorsäuredüngung zu entziehen vermag.

Den Stickstoffgehalt nehmen die Gerstenpflanzen zum Teil aus dem Vorrate des Bodens, zum Teil wahrscheinlich als Ammoniak aus der atmosphärischen Luft auf. Der Stickstoffgehalt der Gerstenpflanzen ist nicht abhängig von der Stickstoffdüngung, sondern derselbe steigt und fällt je nachdem mehr oder weniger Phosphorsäure in assimilirbarer Form im Boden vorhanden ist.

Verhältnis der Wurzel- und Körneranalysen zu den im Boden vorhandenen assimilirbaren Pflanzennährstoffen.

Nach den von mir angegebenen Wurzel- und Körneranalysen lassen sich keinerlei Rückschlüsse auf die im Boden vorhandenen

assimirlirbaren Pflanzennährstoffe machen. Die Phosphorsäuregehalte der Wurzeln beweisen sogar das Gegenteil. Die Stickstoffgehalte der Körner scheinen zwar bei nur flüchtiger Betrachtung mit dem Stickstoffgehalt des Bodens in näherer Beziehung zu stehen, da derselbe mit der Stärke der Stallmistdüngung steigt; allein bei näherer Betrachtung findet man, dass nicht der grössere Stickstoffgehalt des Bodens die Ursache des höheren Stickstoffgehaltes in den Körnern ist, sondern dass der Stickstoffgehalt allein von der vorhandenen Phosphorsäuremenge abhängig ist. Die Stickstoffgehalte der Wurzeln und die Phosphorsäuregehalte der Körner weichen von den Durchschnittsgehalten der ungedüngten Parcellen so wenig ab, dass dieselben zu einer Vergleichung nicht herangezogen werden können. Die Phosphorsäure- und Stickstofigehalte der Körner und Wurzeln von gedüngten Parcellen zeigen demnach ein ganz verschiedenes Verhalten gegen ihre dazugehörigen Durchschnittsgehalte der gedüngten Parcellen. Die von Heinrich aufgestellten Sätze können daher nicht im geringsten Anwendung finden. Heinrich ist bei Aufstellung seiner Grundsätze davon ausgegangen, dass jede nicht perennirende Pflanze vom Beginn ihrer Vegetation bis zur Reife ihre Nährstoffe in gleichmässigen Mengen aufnimmt, nur mit dem Unterschiede, dass je nach der Düngung der eine Nährstoff während der ganzen Vegetationszeit in grösserer Menge, der andere in geringerer Menge aufgenommen wird. Nach Heinrich's Ansicht ist also die Aufnahme sämmtlicher Nährstoffe während der Vegetationszeit eine gleichmässig stetige. Diese Ansicht ist jedoch falsch.

Es müssen in der Pflanze solche Nährstoffe unterschieden werden, an welchen die Pflanze ihren Bedarf sofort vollständig deckt und solche, welche von der Pflanze während der ganzen Vegetationszeit aufgenommen werden. Die zuerst genannten Nährstoffe kann man als diejenigen Nährstoffe bezeichnen, welche von der Pflanze vorzugsweise dem Dünger entnommen werden, und welche nur dann für die Pflanze von Nutzen sind, wenn sie derselben in leicht löslicher Form und gleich zu Anfang der Vegetation in genügender Menge zur Verfügung stehen. Diese Nährstoffe sind für die Pflanze von der grössten Wichtigkeit, weil dadurch die Aufnahme der übrigen Nährstoffe geregelt wird. Erst

wenn die Pflanze ihren Bedarf an solchen Nährstoffen gleich vollständig decken kann, dann bekommt sie die Fähigkeit, auch die anderen Nährstoffe aufzunehmen. Leidet die Pflanze Mangel an diesen wichtigen Nährstoffen, so wird dadurch die ganze Vegetation der Pflanze beeinträchtigt.

Die an zweiter Stelle genannten Nährstoffe, nämlich die, welche von der Pflanze während der Vegetation in gleichmässigen Mengen aufgenommen werden, brauchen der Pflanze nicht sofort in grösseren Mengen zur Verfügung zu stehen, weil die Pflanze nur kleine Mengen aufnimmt. Es genügt in Folge dessen häufig die Menge der Nährstoffe, welche der Pflanze aus dem Vorrate des Bodens dargeboten wird. Eine Düngung mit zuletzt genannten Nährstoffen hat insofern nur einen Zweck, als dadurch der Nährstoffvorrat des Bodens bereichert wird. Ist der Boden genügend reich an diesen Nährstoffen, so ist eine Düngung mit denselben vollständig überflüssig. Wenn hier eine Gruppe Nährstoffe unterschieden wird, von welchen die Pflanze sofort ihren Bedarf deckt, so ist darunter nicht zu verstehen, dass die Pflanze diese Nährstoffe nur während einer bestimmten Zeit aufnimmt und dann gar nicht mehr, sondern es soll damit gesagt sein, dass diese Nährstoffaufnahme in einer gewissen Periode eine viel lebhaftere ist als zu einer anderen. Die Dauer der Zeitperioden, in welchen eine langsamere oder eine raschere Nährstoffaufnahme stattfindet, ist eine ganz verschiedene. Es kommen hier namentlich die physikalischen Eigenschaften des Bodens in Betracht, welche auf die Nährstoffaufnahme von ganz besonderem Einflusse sein können; ebenso können die Witterungsverhältnisse eine Aenderung in der Nährstoffaufnahme hervorbringen.

Ich habe grundsätzlich in den Pflanzen obengenannte zwei Nährstoffgruppen unterschieden und diese Einteilung nicht, wie es von Dr. Liebscher[1]) geschieht, auf die Pflanzen selbst übertragen, weil ich eine Einteilung der Pflanzen nach ihrer Nährstoffaufnahme für vollständig undurchführbar halte. Zum Beweise der Unhaltbarkeit dieser Einteilung braucht man nicht einmal die chemische Analyse zu Hilfe zu rufen, sondern den Gegenbeweis liefert schon der Erfolg der Praxis. Liesse sich diese

1) „Landwirt. Kalender von Mentzel u. Lengerke 1887, II. Teil."

Einteilung unter allen Umständen aufrecht erhalten, so müssten sich bestimmte Pflanzen als Vorfrucht gegen ein und dieselbe Pflanze auf verschiedenen Boden auch immer gleich günstig verhalten. Dies ist aber nicht der Fall, sondern der Praktiker weiss ganz genau, dass sich je nach Beschaffenheit des Bodens die eine oder die andere Pflanze als Vorfrucht für ein und dieselbe Pflanze besser eignet. Jeder tüchtige Landwirt kennt seine Aecker so bestimmt, dass er selten für eine Pflanze ein und dieselben Vorfrüchte wählt, sondern er richtet die Vorfrucht nach der Beschaffenheit des Bodens ein.

Die Nährstoffaufnahme ein und derselben Pflanze kann sich nach den verschiedenen einwirkenden Verhältnissen gänzlich ändern. Trennt man hingegen die Nährstoffe in obengenannte 2 Gruppen, so ist damit noch nicht eine Einteilung der Pflanzen in 2 Gruppen vorausgesetzt, sondern die einzelnen Nährstoffe können sich bei ein und derselben Pflanze, nach den gerade herrschenden Verhältnissen ganz anders auf die beiden Gruppen verteilen. Dadurch allein ist zu erklären, dass sich eine Pflanze als Vorfrucht für eine bestimmte Pflanze auf verschiedenen Boden ganz verschieden verhalten kann.

Gegen diese Ansicht, dass eine und dieselbe Pflanze den einen Nährstoff ebenso aufnimmt wie den anderen, d. h. die Nährstoffe werden entweder alle aus leicht löslicher oder alle aus sich langsam zersetzender Düngung oder aus dem Vorrate des Bodens aufgenommen, spricht auch noch das Verhalten der künstlichen Düngemittel auf verschiedenen Boden. Es müsste danach ein und dasselbe Düngemittel auf verschiedenen Bodenarten auf eine bestimmte Pflanze gleiche Wirkung haben. Allein es ist allgemein bekannt, dass gerade bei den leicht löslichen Düngemitteln auf die Beschaffenheit des Bodens besondere Rücksicht zu nehmen ist. Die Misserfolge, welche man namentlich dadurch erzielte, indem man glaubte, dass man gewisse Düngemittel unter allen Umständen anwenden könne, haben hauptsächlich dazu beigetragen, dass die künstlichen Düngemittel von den kleinen Grundbesitzern nur in ganz beschränktem Masse verwendet werden.

Wäre diese Einteilung der Pflanzen in die oben genannten zwei Gruppen vollständig durchzuführen, so wäre dadurch das Problem über die Düngung sehr vereinfacht. Nach der Aufnahme

eines Nährstoffes während der Vegetation der Pflanze liessen sich Rückschlüsse auf die Aufnahme der anderen Nährstoffe machen. Man würde sofort nach dem Gehalte eines Nährstoffes in den Wurzeln während verschiedener Vegetationsperioden schliessen können, ob Nährstoffe in Form von Stallmist oder leicht löslicher Düngemittel den Pflanzen darzubieten seien.

Indessen das Verhalten der Nährstoffe bei ihrer Aufnahme durch die Pflanzen ist bei weitem nicht so einfach. Wie schon früher erwähnt, zeigten die Gerstenpflanzen, deren Wurzeln und Körner von mir auf Phosphorsäure und Stickstoff untersucht wurden, während ihrer Vegetation, dass besonders Phosphorsäuredüngung einen grossen Einfluss auf die Entwickelung derselben hatte. Die Analysen zeigen nicht etwa bei stärkerer Phosphorsäuredüngung einen grösseren Phosphorsäuregehalt, sondern im Gegenteil, der Gehalt an Phosphorsäure in den Wurzeln nimmt mit der Stärke der Phosphorsäuredüngung ab. Diese Erscheinung spricht dafür, dass die Gerstenpflanze ihren Phosphorsäurebedarf in kurzer Zeit deckt, vorausgesetzt, dass die Phosphorsäure in genügender Menge vorhanden ist.

Nach der Annahme von Dr. Liebscher müsste die Stickstoffaufnahme in derselben Weise stattfinden wie die Phosphorsäureaufnahme. Die Wurzelanalysen sprechen auch ganz entschieden für ein gleiches Verhalten beider Stoffe bei ihrer Aufnahme. Nach den Beobachtungen von Drechsler und Wagner zeigen die Pflanzen keinen Unterschied in ihrer Zusammensetzung, mögen sie auf nährstoffreichen oder nährstoffarmen Boden gewachsen sein, sondern dieselben unterscheiden sich nur durch die Nährstoffaufnahme. Bei genügendem Vorrat werden gewisse Nährstoffe während einer gewissen Periode ziemlich rasch und dann sehr langsam aufgenommen, ist dagegen Mangel an Nährstoffen, so werden dieselben während der ganzen Vegetationszeit gleichmässig aufgenommen. Auf diese Weise gleichen sich also die Nährstoffgehalte von gedüngten und ungedüngten Pflanzen aus. Es würden die Stickstoffgehalte der Wurzeln ohne Körneranalysen zu keinem anderen Schlusse berechtigen, als dass die Stickstoff- und Phosphorsäure-Aufnahme bei den Gerstenpflanzen eine gleiche sei; denn sowohl die Phosphorsäure- und Stickstoffgehalte in den Wurzeln von gedüngten Parcellen weichen wenig von den dazu gehörigen

Nährstoffgehalten in den Wurzeln von ungedüngten Parcellen ab. Allein die Stickstoffgehalte der Körner gestatten einen tieferen Einblick in die Aufnahmeverhältnisse des Stickstoffes bei der Gerstenpflanze.

Bei einer Vergleichung der Stickstoffgehalte der Körner mit der Phosphorsäure-Düngung tritt sofort scharf hervor, dass beide mit einander in gewisser Beziehung stehen müssen; denn es kann durchaus nicht als zufällig angesehen werden, dass der Stickstoffgehalt der Körner mit der Stärke der Phosphorsäuredüngung steigt. Merkwürdig dabei ist noch, dass die Gerstenkörner von den Parcellen, welche reine Stallmistdüngung erhalten haben, keinen grösseren Stickstoffgehalt aufweisen, als die Gerstenkörner der Parcellen, welche reine Phosphorsäuredüngung erhalten haben. Diese Zusammensetzung der Gerstenkörner liefert vollständig den Beweis, dass die Stickstoffaufnahme zunächst in keinem Zusammenhange mit der Stickstoffdüngung steht, sondern dass die Stickstoffaufnahme abhängig ist von der vorhandenen Phosphorsäuremenge.

Durch die vollständige Unabhängigkeit der Stickstoffaufnahme von der Stickstoffdüngung ist jedoch noch nicht bewiesen, dass die Stickstoffaufnahme bei den Gerstenpflanzen eine gleichmässig stetige ist, da der Stickstoffgehalt in den Gerstenwurzeln und Körnern nur zur Zeit der Reife bestimmt wurde. Allein so viel steht fest, dass die Stickstoffaufnahme während der Körnerbildung je nach der Phosphorsäuredüngung eine verschiedene gewesen sein muss. Allerdings ist dabei noch nicht ausgeschlossen, dass die Stickstoffmengen bereits schon vorher in bestimmten Pflanzenteilen in grösseren Mengen aufbewahrt worden sind, von welchen dann die Körner ihren Stickstoffbedarf hätten beziehen können. Die Gerstenpflanze würde dann in der einen Periode mehr Stickstoff aufnehmen und denselben gewissermassen als Reservestoff in irgend einem Organe aufbewahren. Indessen es ist kein Grund vorhanden, welcher irgend wie zu dieser Annahme berechtigt.

Die Gerstenpflanze ist also gezwungen ihren Stickstoffbedarf entweder aus der im Boden vorhandenen oder aus der sich in der Atmosphäre in gasförmigen Zustand befindenden Ammoniakmenge zu nehmen. Ist die Pflanze allein darauf angewiesen, ihren Stickstoffbedarf aus dem Vorrat des Bodens zu decken, so ist

eine ungleichmässige Aufnahme des Stickstoffes geradezu unmöglich, denn die Rflanze kann dann nicht mehr Stickstoff aufnehmen, als ihr der Boden in assimilirbarer Form darbietet. Die Menge, welche der Pflanze zur Verfügung steht, bleibt sich fast immer gleich, so dass die Pflanze nur die dargebotenen kleinen Mengen aufnehmen kann und auf diese Weise gezwungen ist, die Stickstoffaufnahme gleichmässig zu vollziehen. Viel leichter liesse sich eine ungleichmässige Stickstoff-Aufnahme aus der Atmosphäre erklären, namentlich da es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Gerstenpflanzen einen Teil ihres Stickstoffgehaltes in Form von Ammoniak aufnehmen kann. Die Atmosphäre ist immer in Bewegung, so dass eine ungleichmässige Zusammensetzung sofort wieder ausgeglichen wird. In der Bodenflüssigkeit findet diese Ausgleichung zwar auch statt, aber dieselbe nimmt bei weitem mehr Zeit in Anspruch. Es kann der Pflanze der Stickstoff in Ammoniakform viel leichter zugeführt werden, als dies in der Bodenflüssigkeit geschehen kann. Ist an einer bestimmten Stelle der Ammoniakgehalt der Atmosphäre von den Pflanzen ziemlich aufgezehrt, so genügt auch der geringste Luftzug, um neue Mengen Stickstoff aus Gegenden herbeizuführen, wo ein Verbrauch in solchen Mengen nicht stattgefunden hat. Durch die leichte Beweglichkeit und das Bestreben des gasförmigen Ammoniak, sich nach allen Richtungen gleichmässig zu verteilen, wäre es sehr rasch möglich, den Pflanzen eine genügende Menge Stickstoff zu verschaffen. Allein man hat bis jetzt noch nicht nachweisen können, dass die Pflanze grössere Mengen Ammoniak aus der Atmosphäre aufnehmen kann, sondern nach den gemachten Beobachtungen hann dieselbe nur kleine Mengen Stickstoff in Ammoniak-Form aufnehmen. Es ist also eine periodisch vermehrte Stickstoffaufnahme aus der Atmosphäre ebenfalls ausgeschlossen, obgleich die Resultate der Untersuchungen mehr für die Annahme sprechen, dass die Unterschiede in dem Stickstoffgehalte der Körner durch eine Mehraufnahme aus der Atmosphäre entstanden sind. Jedenfalls berechtigen die Wurzel- und Körner-Analysen zu der Annahme, dass der Stickstoffgehalt der Gerstenpflanzen in keiner Beziehung steht zur Stärke der Stickstoffdüngung, sondern die Gerstenpflanze bezieht ihren Stickstoff aus dem Vorrat des Bodens und der atmosphärischen Luft. Der Stickstoff wird

in gleichmässigen Mengen während der ganzen Vegetationszeit aufgenommen und findet eine periodisch vermehrte Aufnahme nicht statt. Die Nährstoffe verhalten sich also bei ihrer Aufnahme durch ein und dieselbe Pflanze ganz verschieden.

In wie weit die Nährstoffaufnahme abhängig ist von der quantitativen Ausdehnung des Wurzelnetzes entzieht sich vollständig meiner Beurteilung. Jedenfalls wird die Nährstoffaufnahme bei weitem mehr beeinflusst von den Wurzelausscheidungen, als von der Ausdehnung des Wurzelnetzes und es ist möglich, dass Untersuchungen über die Wurzelausscheidungen sehr schätzenswerte Resultate über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen liefern.

Die Beziehungen der Wurzel- und Körner-Analysen zur Düngung.

Seit Liebig gilt in der Düngerlehre als Hauptgrundsatz, dass dem Boden durch die Düngung diejenigen Pflanzennährstoffe zuzuführen sind, welche sich im Verhältnis zur Zusammensetzung der geernteten Produkte im Boden in der geringsten Menge vorfinden, weil von diesen im Minimum vorhandenen Nährstoffen die Ernteerträge abhängig gemacht werden. Es war daher in der Düngerlehre stets die Bestrebung vorhanden, eine geeignete Methode zu finden, welche uns ohne Düngungsversuche einen genügenden Aufschluss geben könne über vorhandene und zu gebende Nährstoffe. Ausser verschiedenen anderen Methoden ist wohl die von Heinrich angewandte, eine der bekanntesten und vielleicht auch diejenige, welche in der von Heinrich angegebenen Weise am besten zu gebrauchen wäre. Allein, wie schon früher ausführlich erörtert wurde, stehen der Brauchbarkeit dieser Heinrich'schen Methode nicht allein wichtige physiologische und praktische Gründe entgegen, sondern auch die von mir angestellten Wurzelanalysen liefern den Beweis, dass der Nährstoffgehalt der Wurzeln in keiner Beziehung steht zu den im Boden vorhandenen assimilierbaren Pflanzennährstoffen. Die von Heinrich aufgestellten Grundsätze, auf welchen die ganze Begründung seiner Methode beruht, erweisen sich nach den vorgenommenen Körner- und Wurzelanalysen nicht allein für unzureichend und unhaltbar, sondern teilweise stehen die gefundenen Resultate in direktem Gegensatz zu diesen Sätzen. Es fragt sich, ob die

Wurzel- und Körneranalysen überhaupt dazu dienen können, um uns Aufschluss über die im Boden vorhandenen assimilierbaren Pflanzennährstoffe zu geben oder mit anderen Worten, ob sich nach denselben Rückschlüsse auf die zu gebende Düngung machen lassen, bezüglich welche Pflanzennährstoffe dem Boden durch dieselbe hauptsächlich zugeführt werden müssen.

Unter Berücksichtigung der von Wagner und Drechsler aufgestellten Grundsätze, welche durch meine Analysen volle Bestätigung erhalten haben, lassen sich die Wurzelanalysen sehr wohl dazu benutzen, um sich ziemlich sichere Aufschlüsse oder doch wenigstens einigermassen feste Anhaltepunkte darüber zu verschaffen, wie die Düngung einzurichten ist, namentlich in welcher Form die einzelnen Nährstoffe der Pflanze dargeboten werden müssen. Freilich darf dabei nicht, wie dies Heinrich versucht hat, von den Minimalgehalten in den Wurzeln ausgegangen werden, sondern es müssen dabei ganz andere Gesichtspunkte in Betracht gezogen werden. Der Düngungsversuch kann zwar nicht vollständig, unter allen Umständen umgangen werden, aber derselbe wird dann so einfach, dass er ohne jeglichen Zeitverlust und ohne besonders grosse Vorbereitungen leicht ausgeführt werden kann.

Es sind, wie schon oben erwähnt, in den Pflanzen meistenteils 2 Nährstoffgruppen vorhanden, die eine Gruppe wird von der Pflanze rasch, die andere langsam aufgennmmen, unter Umständen können auch sämmtliche Nährstoffe gleichmässig aufgenommen werden. Diese beiden Gruppen müssen zunächst durch die Analyse ganz genau bestimmt werden und es lassen sich dieselben auch leicht ohne besonders grosse Mühe durch die chemische Analyse bestimmen.

Man schafft sich einfach dadurch über die Aufnahme der Pflanzennährstoffe Aufschluss, indem man die Wurzeln der Pflanze in bestimmten Zeitabschnitten untersucht. Es wird sich dann bald nach dem Nährstoffgehalt der Wurzeln unterscheiden lassen, ob der eine oder der andere Nährstoff rasch aufgenommen wird oder nicht. Zeigen die Wurzeln in bestimmten Zeitabschnitten eine geringe Zunahme an gewissen Nährstoffen und ist diese Zunahme während der einzelnen Zeitperioden eine gleichmässige, so werden die sich auf diese Weise verhaltenden Nährstoffe von der

Pflanze langsam aufgenommen. Diese Nährstoffe brauchen der Pflanze nicht in leicht löslicher Form dargeboten zu werden, sondern dieselben werden am besten in Form von Stallmist auf den Acker gebracht. Unter Umständen ist eine Düngung mit dergleichen Nährstoffen vollständig überflüssig, nämlich dann, wenn der Nährstoff-Vorrat des Bodens diese Nährstoffe in genügender Menge enthält. Der Boden liefert dann selbst durch die Zersetzung die geringen Mengen an Nährstoffen, welche die Pflanze nötig hat. Kann der Boden nicht genügende Nährstoffe liefern und dieselben müssen durch die Düngung herbeigeführt werden, so sind die betreffenden Nährstoffe durch solche Düngemittel in den Boden zu bringen, welche sich langsam zersetzen. Es kann daher die Düngung ohne Nachteil in ziemlich grossen Mengen stattfinden, weil wegen der langsamen Zersetzung des Düngers ein Verlust an Nährstoffen fast unmöglich ist. Nur auf Boden, welcher eine ganz geringe Absorptionskraft besitzt, werden ganz geringe Verluste an Nährstoffen entstehen.

Eine grössere Bedeutung für die Pflanze besitzen jedenfalls die Nährstoffe, welche von derselben von Anfang der Vegeiation bis zu einer bestimmten Zeit in grossen Mengen, dann aber bis zur Reife nur noch in kleinen Mengen aufgenommen werden. Die Wurzeln solcher Pflanzen werden nicht zu verschiedenen Zeitabschnitten eine gleichmässige Zunahme an Nährstoffen aufweisen, sondern der Nährstoffgehalt derselben wird bis zu einem gewissen Zeitpunkte rasch steigen. Von diesem Zeitpunkte an wird sich der Nährstoffgehalt der Wurzeln nur langsam vermehren.

Es ist für die Pflanze von der grössten Wichtigkeit, dass diese letzteren Nährstoffe der Pflanze in leicht löslicher Form und ausserdem gleich in genügender Menge zur Verfügung stehen. Ist dies nicht der Fall, so wird dadurch die Aufnahme der anderen Nährstoffe beeinträchtigt. Das Wachstum der Pflanze ist wesentlich davon abhängig, ob diese Nährstoffe in genügender Menge zur Verfügung stehen oder nicht. Durch die chemische Analyse lassen sich also die beiden Nährstoffgruppen sehr leicht bestimmen; aber die chemische Analyse kann nur dann Aufschluss über die Nährstoffaufnahme geben, wenn sämmtliche Nährstoffe in genügender Menge vorhanden sind und keiner

der Nährstoffe fehlt. Auf Boden, welcher sich in schlechter Dungkraft befindet, kann die chemische Analyse nicht gebraucht werden, weil sie dann zu falschen Schlüssen führen würde. Es muss also vorher, ehe die Untersuchungen der Wurzeln vorgenommen werden, der Boden genügend gedüngt werden, so dass alle Nährstoffe in assimilirbarer Form vorhanden sind. Hierbei ist es absolut unnötig ungedüngte oder gar verschieden gedüngte Parcellen einzurichten. Die Hauptsache ist, dass die Hauptnährstoffe in aufnehmbarer Form vorhanden sind. Zur Düngung wendet man am besten Stallmist an, vielleicht unter Zusatz von geringen Quantitäten von Phosphorsäure und Kali. Künstliche Düngemittel allein anzuwenden halte ich für unsicher, weil dadurch leicht der eine oder der andere Nährstoff in zu grossser Menge in den Boden gebracht und in Folge dessen die Nährstoffaufnahme beeinflusst werden kann. Will man künstliche Düngemittel anwenden, so darf man sie nur in kleinen Mengen gebrauchen und vor allem ist Kali mit der grössten Vorsicht anzuwenden. Bei Anwendung des Stalldüngers muss darauf geachtet werden, dass sich derselbe möglichst im Boden zersetzt hat, worauf bei der Gerste noch besonders zu achten ist, da dieselbe sich selten gegen frische Düngung bezahlt macht. Häufiger werden künstliche Düngemittel direkt bei der Gerste gebraucht. Dieselbe müssen mindestens im Herbst oder doch sehr frühzeitig im Frühjahr ausgestreut werden, damit sich dieselben möglichst gleichmässig im Boden zerteilen. Der Stallmist eignet sich deswegen am besten zur Düngung, weil er sämmtliche Nährstoffe in den geignetsten Mengen enthält.

Eine Hauptschwierigkeit bei der Anwendung dieser Methode liegt darin, die Zeitabschnitte zu bestimmen, in welchen die einzelnen Wurzelanalysen auszuführen sind. Die Nährstoffaufnahme hängt zum Teil mit ab von den Witterungsverhältnissen und daher ist es leicht möglich, dass durch ungünstige Witterung die Nährstoffaufnahme und somit das ganze Wachstum der Pflanze beeinflusst werden kann. Man kann daher nicht ganz gleichmässige Zeitabschnitte zu Grunde legen, sondern es ist besser, wenn man nebenbei noch gewisse Abschnitte in der Vegetationszeit der Pflanze beachtet. Diese Vegetations-Abschnitte lassen sich zwar nicht durch bestimmte Zeiten angeben, allein die ein-

zelnen Zeiträume weichen auch nicht besonders viel von einander ab. Als die geeignetsten Stadien für die einzelnen Wurzelanalysen dürften sich die Zeit kurz vor dem Schossen, die Blütezeit und die Zeit der Reife eignen. Es entstehen dadurch Zeitabschnitte, die nicht zu sehr in ihrer Dauer von einander abweichen und andererseits wird auch Rücksicht genommen auf die Momente, die während der Vegetationszeit der Gerstenpflanze von besonderer Bedeutung sind. Es wird dadurch gewissermassen auch Rücksicht genommen auf die Witterungsverhältnisse, weil das Eintreten der betreffenden Vegetationsperioden mehr oder weniger von denselben abhängig ist. Bei der Entnahme der Wurzeln ist darauf zu achten, dass dieselben nicht alle auf einer Stelle des Ackers entnommen werden, sondern dieselben müssen von verschiedenen Stellen entnommen und mit einander innig vermischt werden. Natürlich muss der Boden an den verschiedenen Stellen gleichmässig zusammengesetzt sein. — Nachdem die Wurzeln sauber ausgewaschen sind, nimmt man die Proben von dieser Mischung, welche zur Bestimmung der Phosphorsäure, des Stickstoffes und vielleicht des Kali dienen sollen. Sind die Wurzelanalysen zu den bestimmten Zeiten richtig ausgeführt worden, so vergleicht man die Resultate mit einander.

Ist die Zunahme der einzelnen Nährstoffgehalte während der einzelnen Perioden eine gleiche oder doch annähernd gleiche so kann man daraus schliessen, dass die Pflanze die betreffenden Nährstoffe während der ganzen Vegetationsdauer in gleichmässiger Menge aufnimmt; zeigen sich aber in der Zunahme zwischen den einzelnen Nährstoffgehalten zu den verschiedenen Perioden Differenzen, so werden die Nährstoffe nicht gleichmässig aufgenommen, sondern ihre Aufnahme ist eine wechselnde. Zur Erläuterung mögen folgende Zahlenbeispiele gelten:

Bei gleichmässiger Nährstoffaufnahme:

Gehalt an	Analyse I	Analyse II	Analyse III
Phosphorsäure	0,0800	0,1600	0,2400
Stickstoff	0,400	0,800	1,200

Bei ungleichmässiger Nährstoffaufnahme:

Gehalt an	Analyse I	Analyse II	Analyse III
Phosphorsäure	0,1000	0,2000	0,2400
Stickstoff	0,500	1,000	1,240
oder			
Phosphorsäure	0,1200	0,1600	0,2400
Stickstoff	0,800	0,100	1,200

Hat man diese Analysen ausgeführt. so wird sich danach im Allgemeinen schon ein brauchbarer Schluss ziehen lassen, wie die Düngung einzurichten ist. Als Grundsatz muss bei der Düngung dienen, dass die Nährstoffe, welche von der Pflanze rasch aufgenommen werden, derselben in leicht löslicher Form, hingegen diejenigen, welche langsam aufgenommen werden in gebundener oder in sich langsam zersetzender Form dargeboten werden müssen. Je nachdem, ob die Pflanze in ganz kurzer Zeit ihren vollständigen Bedarf an einem Nährstoffe deckt oder nicht, je nachdem wird der betreffende Nährstoff in genügender Menge im Boden vorhanden sein oder nicht. Die Unterschiede in der Nährstoffaufnahme während der einzelnen Perioden treten nur da am schärfsten hervor, wenn die Nährstoffe voltständig für den Bedarf der Pflanze ausreichen. Je rascher also die Nährstoffaufnahme in der einen Periode geschieht, desto langsamer findet sie in der andern Periode statt, wenigstens gilt dies für die Nährstoffe, von welchem die Pflanze gleich Anfangs ihren Bedarf deckt. Bei der Düngung ist stets Stallmist mit anzuwenden, welchen die löslichen Düngemittel beizugeben sind. Im Uebrigen sind die Regeln zu befolgen, welche die Düngerlehre vorschreibt.

Obgleich die in obiger Weise ausgeführten Wurzelanalysen vollständig Aufschluss geben, in welcher Form die Nährstoffe unter den gegebenen Verhältnissen von der Pflanze am besten aufgenommen werden, so ist daraus doch noch nicht zu erkennen, ob ein Nährstoff Einfluss auf die Aufnahme der anderen Nährstoffe hat. Will man darüber näheren Aufschluss haben, so müssen die Körner noch untersucht werden. Es ist dann aber ein einfacher Düngungsversuch nötig, wobei mindestens fünf verschiedene Parcellen einzurichten sind. Es ist nicht nötig, dass

sämmtliche Parcellen gleich sind, auch braucht die Trennung der einzelnen Parcellen nicht so exakt durchgeführt zu werden, sondern es genügt vollständig, wenn der Anfang der einzelnen Parcellen durch Pfählchen markirt ist. Wissen muss man: die ungefähre Grösse der Parcellen und die Düngermenge, welche man auf die einzelnen Parcellen gebracht hat. Die Grösse der Parcellen und die angewandte Düngermenge sind deshalb zu bestimmen, weil man hieraus ungefähr berechnen kann, wie viel Dünger, auf eine grössere Fläche zu bringen ist. Die Verteilung des Düngers auf die fünf Parcellen wäre ungefähr folgendermassen einzurichten. Eine Parcelle bleibt vollständig ungedüngt. Die anderen vier Parcellen erhalten alle zusammen gleiche Stallmistdüngung. Je eine dieser vier mit Stallmist gedüngten Parcellen erhält dann noch nebenbei eine Düngung mit Phosphorsäure, Stickstoff und Kali, während auf der vierten Parcelle nur reine Stallmistdüngung bleibt. Parcellen mit reiner Phosphorsäure, Stickstoff- oder Kali-Düngung herzustellen, ist überflüssig. Die einseitige Düngung bleibt entweder vollständig ohne Wirkung und der betreffende Nährstoff kann also unter Umständen gänzlich verloren gehen, oder sie bewirkt eine stärkere Aufnahme von anderen Nährstoffen. Da letztere Nährstoffe aber durch die Düngung dem Boden nicht mitgegeben wurden, so entsteht dadurch im Boden eine Verarmung des Nährstoffgehaltes, welche ungünstige Folgen auf die Vegetation und Nährstoffaufnahme haben kann.

Mehr als fünf Parcellen bei dem Düngungsversuch anzulegen ist überflüssig, denn vermittelst der Wurzel- und Körneranalyse kann man sich genügende Sicherheit über die Nährstoffaufnahme der Pflanze verschaffen. Die Wurzeln und Körner der ungedüngten Parcellen geben darüber Aufschluss, welche Nährstoffe die Pflanze dem ungedüngten Boden entziehen kann, lediglich kommen hier die Nährstoffe in Betracht, an welchen die Pflanze ihren Bedarf möglichst rasch zn decken sucht. Die mit Stallmist gedüngte Parcelle dient dazu, um den Einfluss der Düngung auf die Nährstoffaufnahme der Pflanzen überhaupt festzustellen. Die drei anderen Parcellen, von welchen jede noch ausser Stalldünger eine einseitige Düngung an Phosphorsäure, Kali und Stickstoff erhält, dienen dazu, um etwaige Einwirkungen eines Nährstoffes auf die Aufnahme anderer Nährstoffe festzustellen. Obgleich man

sich durch einen einfachen Düngungsversuch mit Hilfe von Wurzel- und Körner-Analysen einen ganz sichern Aufschluss über die Nährstoffaufnahme und somit über die Stoffe, welche der Pflanze durch die Düngung zugeführt werden müssen, verschaffen kann, so ist diese Methode dennoch nicht zu empfehlen, weil sie zu viel Kosten verursachen würde. In den meisten Fällen genügen Wurzelanalysen, welche in der oben angegebenen Weise ausgeführt worden sind, vollständig. Nur auf ganz extremen Bodenarten werden sie allein nicht ausreichen; aber man kann auf diesen Bodenarten dadurch schon eine bedeutende Vereinfachung erzielen, indem man nur Stallmistdüngung anwendet, dabei aber eine ungedüngte Parcelle liegen lässt. Der Düngungsversuch ist dann noch ziemlich einfach und die Zahl der Analysen ist ebenfalls eine nicht allzu grosse. Dem Stallmist können nebenbei auch kleine Mengen künstlichen Düngers beigefügt werden.

Die von Heinrich, sowie die von mir angegebene Methode legen beide den Nährstoffgehalt der Wurzeln zu Grunde, um danach in Erfahrung zu bringen, welche Düngung zu geben ist. Es ist aber ein bedeutender Unterschied zwischen beiden Methoden. Die Methode von Heinrich legt sogenannte Minimalgehalte der Wurzeln zu Grunde. Diejenigen Nährstoffe, welche in den Wurzeln in der geringsten Menge vorhanden sind, müssen nach Heinrich dem Boden durch die Düngung zugeführt werden. Die von mir vorgeschlagene Methode legt den Nährstoffgehalt der Wurzeln von gedüngten Pflanzen zu Grunde und zwar nicht allein zur Zeit der Reife, sondern zu bestimmten Zeiten während der Vegetation der Pflanze. Es wird also die Nährstoffaufnahme der Pflanze auf gedüngten Boden beobachtet und danach die Düngung eingerichtet. Diese Methode hat den grossen Vorzug, dass die sogenannten Minimalgehalte, welche sich auf jeder Bodenart ändern und welche überhaupt sehr schwer festgestellt werden können, vollständig ausser Acht bleiben. Ausserdem wird hierbei die Einwirkung einzelner Nährstoffe auf die Aufnahme eines oder verschiedener anderer Nährstoffe beachtet, was bei der von Heinrich angegebenen Methode nicht der Fall ist. Da durch die Witterungsverhältnisse nicht unbedeutende Veränderungen in der Nährstoffaufnahme hervorgebracht werden können, und dadurch leicht falsche Resultate erzielt werden könnten, ist es besser,

wenn man bei ungünstiger Witterung eine Analyse mehr ausführen lässt, um auf diese Weise die Einwirkung der Witterung auf die Nährstoffaufnahme einigermassen zu ermitteln. Jedenfalls ist die von mir angegebene Methode bei weitem sicherer und leichter auszuführen, als die Methode von Heinrich.

Eine ganz bedenkliche Schwäche der zuletztgenannten Methode liegt besonders noch darin, dass der Nährstoffgehalt von den Wurzeln reifer Pflanzen zu Grunde gelegt wird und gar keine Rücksicht auf die Nährstoffaufnahme der Pflanze in den verschiedenen Vegetationsperioden genommen wird. In Folge dessen entziehen sich dem Beobachter verschiedene Erscheinungen bei der Nährstoffaufnahme, welche von der grössten Wichtigkeit sind. Je nach den Umständen haben die Nährstoffe, auch wenn sie im Boden in grossen Mengen vorkommen, auf die Zusammensetzung der Gerstenwurzeln und Gerstenkörner, vielleicht auch der übrigen Pflanzenteile geringen Einfluss; wie die Phosphorsäuregehalte der Gerstenwurzeln und Gerstenkörner von den einzelnen verschieden gedüngten Parcellen zeigen, aber um so wichtiger ist die physiologische Wirkung solcher Nährstoffe; dieselbe kann unter Umständen nicht allein für die Ernährung der Pflanze von grosser Bedeutung sein, sondern sie kann in zweiter Linie sogar für die Ernährung der Tiere, welche von Pflanzen leben, eine hervorragende Rolle spielen.

Bei den Gerstenpflanzen ist es die Phosphorsäure, welche physiologisch wirksam ist. Durch einen grösseren Phosphorsäuregehalt des Bodens erlangen unstreitig die Gerstenwurzeln die Fähigkeit, Stickstoff in bedeutenderen Mengen aufzunehmen, wie der Stickstoffgehalt der Körner genügend beweist. Wahrscheinlich wird der Stickstoffgehalt der ganzen Pflanze erhöht. Da der Stickstoff aufs engste mit den Proteïnstoffen zusammenhängt, so ist es möglich, dass durch den Phosphorsäuregehalt des Bodens in der ganzen Pflanze eine Vermehrung des Proteïngehaltes hervorgebracht wird. Es wäre demnach in der Phosphorsäure für die Pflanzen ein Mittel zur Erhöhung des Proteïngehaltes gegeben, welches als ein wertvoller und geschätzter Bestandteil unserer Futtermittel besondere Beachtung bei der Ernährung unserer Haustiere verdient.

Zum Schluss sei es mir gestattet, meinen hochverehrten Lehrern Herrn Professor Dr. Freiher von der Goltz, Direktor der Grossherzogl. Sächs. Lehranstalt für Landwirte zu Jena, und Herrn Professor Dr. Reichardt für die bereitwillige Unterstützung, welche sie mir jederzeit bei der Fertigstellung meiner Arbeit zukommen liessen, hiermit den herzlichsten Dank öffentlich abzustatten.

Druckfehler:

S. 34 Z. 1 v. oben: lies nach Parcellen: „mit den Durchschnittsgehalten der ungedüngten Parcellen".

S. 44 Z. 3 v. unten: lies nach Pflanze: „ihre Nährstoffe".

Tabellen.

Tabelle No. I. **Phosphorsäure-**

		in den Wurzeln.			
Parcelle No.	Düngung der einzelnen Parcellen.	Phosphorsäure in % der Trockensubstanz.	Gefundene Phosphorsäure.	Gefundenes Ammoniummagnesiumphosphat gr.	Angewandte Substanz, Trockensubstanz gr.
1	1 St.	0,2492	0,0575	0,0900	23,007
2	1 St. + ½ P.	0,2036	0,0332	0,0520	16,336
3	1 St. + 1 P.	0,1880	0,0260	0,0465	13,788
4	0	0,2240	0,0210	0,0325	9,374
5	¾ St. + ½ P.	0,2109	0,0285	0,0445	13,489
6	¾ St. + 1 P.	0,2215	0,0269	0,0420	12,124
7	¾ St.	0,2173	0,0281	0,0440	12,998
8	½ St. + ½ P.	0,2118	0,0295	0,0460	13,877
9	½ St. + 1 P.	0,2215	0,0249	0,0460	13,277
10	½ St.	0,2881	0,0409	0,0640	14,153
11	½ N.	0,2050	0,0269	0,0420	13,101
12	1 N.	0,2320	0,0230	0,0360	9,911
13	½ P.	0,2106	0,0221	0,0355	10,492
14	1 P.	0,2318	0,0294	0,0440	12,696
15	0	0,2509	0,0205	0,0320	8,272
16	½ P. + ½ N.	0,2068	0,0281	0,0440	13,598
17	1 P. + 1 N.	0,2009	0,0300	0,0470	14,080
18	1 P. + ½ N.	0,2271	0,0320	0,0500	13,889
19	½ P. + 1 N.	0,2295	0,0288	0,0450	12,539
20	1 St.	0,2295	0,0339	0,0530	14,766
21	1 St. + ½ P.	0,2097	0,0294	0,0460	13,821
22	1 St. + 1 P.	0,2845	0,0402	0,0630	14,127
23	¾ St.	0,2554	0,0390	0,0610	15,268
24	¾ St. + ½ P.	0,2940	0,0377	0,0590	12,821
25	¾ St. + 1 P.	0,2491	0,0330	0,0630	13,279
26	0	0,3063	0,0467	0,0730	15,242
27	½ St	0,3017	0,0409	0,0640	13,564
28	½ St. + ½ P.	0,3254	0,0435	0,0680	13,347
29	½ St. + 1 P.	0,3172	0,0448	0,0700	14,080
30	0	0,3014	0,0192	0,0300	6,360
31	½ N.	0,3091	0,0480	0,0670	15,512
32	1 N.	0,2876	0,0371	0,0580	12,900
33	½ P.	0,3298	0,0429	0,0670	13,004
34	1 P.	0,2309	0,0448	0,0700	19,403
34	½ P. + ½ N.	0,2895	0,0390	0,0610	13,474
36	1 P. + 1 N.	0,2602	0,0371	0,0580	14,340
37	1 P. + ½ N.	0,2773	0,0334	0,0520	12,047
38	½ P. + 1 N.	0,2295	0,0346	0,0720	15,044
39	0	0,2404	0,0240	0,0530	9,838
40	1 St.	0,2222	0,0313	0,0490	14,080
41	1 St. + ½ P.	0,1966	0,0275	0,0430	13,982
42	1 St. + 1 P.	0,2202	0,0307	0,0480	13,936
43	¾ St.	0,2632	0,0345	0,0540	13,106
44	¾ St. + ½ P.	0,2505	0,0313	0,0490	12,490
45	¾ St. + 1 P.	0,2629	0,0352	0,0550	13,349
46	½ St.	0,2170	0,0434	0,0630	14,513
47	½ St. + ½ P.	0,2632	0,0358	0,0560	13,597
48	1 St. + 1 P.	0,2492	0,0358	0,0560	14,361
49	0	0,2365	0,0339	0,0530	14,333
50	½ N.	0,2239	0,0301	0,0470	13,396
51	1 N.	0,2156	0,0320	0,0500	14,799
52	½ P.	0,2589	0,0377	0,0590	14,557
53	1 P.	0,2604	0,0320	0,0500	12,247
54	½ P. + ½ N.	0,2414	0,0340	0,0530	14,039
55	1 P. + 1 N.	0,2532	0,0333	0,0520	13,109
56	1 P. + ½ N.	0,2653	0,0390	0,0610	14,702
57	½ P. + 1 N.	0,2856	0,0345	0,0540	12,079
58	0	0,3402	0,0440	0,0690	12,931

bestimmungen

in den Körnern.

Angewandte Substanz, Trockensubstanz gr.	Gefundenes Ammoniummagnesiumphosphat gr.	Gefundene Phosphorsäure.	Phosphorsäure in % der Trockensubstanz.	Düngung der einzelnen Parcellen.	Parcelle No
—	—	—	—	1 St.	1
—	—	—	—	1 St. + ½ P.	2
—	—	—	—	1 St. + 1 P.	3
—	—	—	—	0	4
—	—	—	—	¾ St. + ½ P.	5
—	—	—	—	¾ St. + 1 P.	6
—	—	—	—	¾ St.	7
—	—	—	—	½ St. + ½ P.	8
—	—	—	—	½ St. + 1 P.	9
5,977	0,1015	0,0649	1,0859	½ St.	10
7,124	0,1180	0,0654	0,9180	½ N.	11
5,625	0,0945	0,0604	1,0737	1 N.	12
5,476	0,0925	0,0591	1,0804	½ P.	13
6,407	0,1090	0,0696	1,0865	1 P.	14
—	—	—	—	0	15
5,826	0,0915	0,0585	1,0041	½ P. + ½ N.	16
5,523	0,0935	0,0598	1,0827	1 P. + 1 N.	17
6,680	0,1150	0,0735	1,1002	1 P. + ½ N.	18
6,586	0.1090	0,0778	1,1813	½ P. + 1 N.	19
7,004	0,1220	0,0783	1,1180	1 St.	20
6,306	0,0990	0,0636	1,0042	1 St. + ½ P.	21
7,943	0,1410	0,0911	1,1469	1 St. + 1 P.	22
6,988	0,1262	0,0807	1,1543	¾ St.	23
7,406	0,1360	0,0869	1,1733	¾ St. + ½ P.	24
5,655	0,0830	0,0662	1,1707	¾ St. + 1 P.	25
7,908	0,1380	0,0882	1,1153	0	26
—	—	—	—	½ St.	27
6,517	0,1190	0,0771	1,1830	½ St. + ½ P.	28
6,580	0,1188	0,0759	1,1534	½ St. + 1 P.	29
—	—	—	—	0	30
—	—	—	—	½ N.	31
—	—	—	—	1 N.	32
—	—	—	—	½ P.	33
—	—	—	—	1 P.	34
—	—	—	—	½ P. + ½ N.	35
—	—	—	—	1 P. + 1 N.	36
—	—	—	—	1 P. + ½ N.	37
—	—	—	—	½ P. + 1 N.	38
—	—	—	—	0	39
—	—	—	—	1 St.	40
—	—	—	—	1 St. + ½ P.	41
—	—	—	—	1 St. + 1 P.	42
—	—	—	—	¾ St.	43
—	—	—	—	¾ St. + ½ P.	44
—	—	—	—	¾ St. + 1 P.	45
—	—	—	—	½ St.	46
—	—	—	—	½ St. + ½ P.	47
—	—	—	—	½ St. + 1 P.	48
7,360	0,1170	0,0748	1,0163	0	49
—	—	—	—	½ N.	50
—	—	—	—	1 N.	51
—	—	—	—	½ P.	52
—	—	—	—	1 P.	53
—	—	—	—	½ P. + ½ N.	54
—	—	—	—	1 P. + 1 N.	55
—	—	—	—	1 P. + ½ N.	56
—	—	—	—	½ P. + 1 N.	57
—	—	—	—	0	58

Tabelle No. II. **Stickstoff-**

		in den Wurzeln.		
Parcelle No.	Düngung der einzelnen Parcellen.	Gefundener Stickstoff in % der Trockensubst.	Verbrauchte Natronlauge	Angewandte Substanz in gr. (Trockensubstanz)
1	1 St. P.	1,037	88	1,6200
2	1 St. + ½ P.	0,912	90	1,5340
3	1 St. + 1 P.	1,078	89,5	1,3625
4	0	0,948	90	1,4765
5	¾ St. + ½ P.	0,990	89,5	1,4840
6	¾ St. + 1 P.	0,963	90	1,4525
7	¾ St.	0,991	90,5	1,3415
8	½ St. + ½ P.	1,017	92	1,1010
9	½ St. + 1 P.	0,998	91	1,2625
10	½ St.	1,009	92,5	1,0405
11	½ N.	0,974	91,5	1,1240
12	1 N.	0,989	92	1,1315
13	½ P.	1,157	89,5	1,2700
14	1 P.	0,760	92	1,4730
15	0	1,083	95	1,6460
16	½ P. + ½ N.	1,023	90	1,3685
17	1 P. + 1 N.	1,017	90	1,3765
18	1 P. + ½ N.	0,915	92	1,2230
19	½ P. + 1 N.	1,075	91	1,1705
20	1 St.	0,926	90,5	1,3680
21	1 St. + ½ P.	0,911	93	1,0745
22	1 St. + 1 P.	1,008	90	1,3880
23	¾ St.	1,010	90,5	1,3165
24	¾ St. + ½ P.	0,993	91,5	1,1975
25	¾ St. + 1 P.	0,837	92	1,3375
26	0	1,077	90	1,2995
27	½ St.	1,008	90	1,3880
28	½ St. + ½ P.	0,925	92	1,2105
29	½ St. + 1 P.	1,084	91	1,1615
30	0	1,027	89	1,4990
31	½ N.	0,765	93	1,2885
32	1 N.	1,020	91	1,2345
33	½ P.	0,760	92	1,5055
34	1 P.	0,987	90	1,4175
35	½ P. + ½ N.	0,778	93,5	1,1695
36	1 P. + 1 N.	0,948	91	1,3295
37	1 P. + ½ N.	0,904	93	1,0835
38	½ P. + 1 N.	0,979	93	1,0005
39	0	1,003	91	1,2560
40	1 St.	1,024	91	1,2295
41	1 St. + ½ P.	1,059	87	1,7180
42	1 St. + 1 P.	1,046	91	1,2045
43	¾ St.	1,092	92	1,0255
44	¾ St. + ½ P.	0,953	92	1,1700
45	¾ St. + 1 P.	1,033	92	1,0835
46	½ St.	1,092	92	1,0250
47	½ St. + ½ P.	0,934	90	1,4980
48	½ St. + 1 P.	1,081	91	1,1650
49	0	1,126	91	1,1190
50	½ N.	0,985	90	1,4210
51	1 N.	1,087	91	1,1590
52	½ P.	0,985	91	1,2790
53	1 P.	1,131	92	0,9900
54	½ P. + ½ N.	1,029	91	1,2245
55	1 P. + 1 N.	0,979	95	1,0005
56	1 P. + ½ N.	1,054	91	1,1955
57	½ P. + 1 N.	0,958	88	1,6075
58	0	1,148	90	1,2135

bestimmungen

in den Körnern.

Angewandte Substanz in gr. (Trockensubstanz)	Verbrauchte Natronlauge.	Gefundener Stickstoff in % der Trockensubst.	Düngung der einzelnen Parcellen.	Parcelle No.
1,3765	83	1,729	1 St.	1
1,6030	79	1,834	1 St. + ½ P.	2
1,6030	77	2,008	1 St. + 1 P.	3
1,5095	83	1,576	0	4
1,3960	84	1,604	¾ St. + ½ P.	5
1,3845	83	1,719	¾ St. + 1 P.	6
1,4690	84	1,524	¾ St.	7
1,2825	85	1,637	½ St. + ½ P.	8
1,7510	78	1,701	½ St. + 1 P.	9
1,6900	81,5	1,532	½ St.	10
1,8470	81,5	1,407	½ N.	11
1,7210	82	1,464	1 N.	12
1,4625	84	1,531	½ P.	13
1,2485	84	1,682	1 P.	14
1,5010	83,5	1,545	0	15
1,7845	81	1,490	½ P. + ½ N.	16
1,8210	79	1,614	1 P. + 1 N.	17
1,2240	85	1,716	1 P. + ½ N.	18
1,7240	80	1,624	½ P. + 1 N.	19
1,2070	85	1,739	1 St.	20
2,0245	75	1,728	1 St. + ½ P.	21
1,3405	80	2,088	1 St. + 1 P.	22
1,2970	84	1,721	¾ St.	23
1,9775	75	1,769	¾ St. + ½ P.	24
1,3585	82	1,722	¾ St. + 1 P.	25
1,8480	79	1,590	0	26
1,8340	71	1,603	½ St.	27
1,6465	81	1,615	½ St. + ½ P.	28
1,6465	81	1,615	½ St. + 1 P.	29
2,0165	76	1,666	0	30
1,2560	87	1,449	½ N.	31
1,4095	82	1,787	1 N.	32
1,5915	82	1,583	½ P.	33
2,0730	75	1,688	1 P.	34
1,7310	79	1,698	½ P. + ½ N.	35
1,8335	78	1,679	1 P. + 1 N.	36
1,7220	80	1,626	1 P. + ½ N.	37
1,4500	84	1,544	½ P. + 1 N.	38
1,4685	84	1,525	0	39
1,2425	85	1,697	1 St.	40
1,8530	77	1,770	1 St. + ½ P.	41
1,3680	81	1,944	1 St. + 1 P.	42
1,3025	85	1,621	¾ St.	43
1,4280	89	1,764	¾ St. + ½ P.	44
1,4100	81	1,886	¾ St. + 1 P.	45
1,7345	80	1,614	½ St.	46
1,9150	77	1,681	½ St. + ½ P.	47
1,8385	78	1,677	½ St. + 1 P.	48
1,6445	82	1,532	0	49
1,3230	86	1,481	½ N.	50
1,8560	79	1,589	1 N.	51
1,2845	85	1,634	½ P.	52
1,2190	85	1,722	1 P.	53
1,4370	82	1,753	½ P. + ½ N.	54
1,5730	80	1,780	1 P. + 1 N.	55
1,5200	81	1,750	1 P. + ½ N.	56
1,4890	82	1,692	½ P. + 1 N.	57
1,7280	80	1,620	0	58

Tabelle No. III.

Durchschnittsgehalte der gleichgedüngten Parcellen in %

an Stickstoff				an Phosphorsäure	
in den Wurzeln	in den Körnern	Parcelle No.	Düngung der einzelnen Parcellen.	in den Wurzeln	in den Körnern
1,057	1,579	4, 15, 26, 30, 39, 49, 58	0	0,2599	
0,962	1,721	1, 20, 40	1 St.	0,2336	
0,960	1,777	2, 21, 41	1 St. + ½ P.	0,2033	
1,044	2,020	3, 22, 42	1 St. + 1 P.	0,2309	
1,031	1,621	7, 23, 43	¾ St.	0,2453	
0,978	1,712	5, 24, 44	¾ St. + ½ P.	0,2518	
0,998	1,775	6, 25, 45	¾ St. + 1 P.	0,2445	
1,054	1,583	10, 27, 46	½ St.	0,2689	
0,954	1,644	8, 28, 47	½ St. + ½ P.	0,2668	
1,055	1,664	9, 29, 48	½ St. + 1 P.	0,2626	
0,979	1,445	11, 31, 50	½ N.	0,2460	
1,032	1,526	12, 32, 51	1 N.	0,2451	
1,071	1,582	13, 33, 52	½ P.	0,2664	
1,059	1,762	14, 34, 53	1 P.	0,2410	
1,026	1,725	16, 35, 54	½ P. + ½ N.	0,2459	
0,981	1,691	17, 36, 55	1 P. + 1 N.	0,2381	
0,957	1,694	18, 37, 56	1 P. + ½ N.	0,2565	
1,004	1,620	19, 38, 57	½ P. + 1 N.	0,2482	

Tabelle No. IV.

Aschengehalte

Parcelle No.	in den Wurzeln.			in den Körnern.		
	Angewandte Substanz in Trockensubst.	Rohasche in % d. Trocken-substanz.	Reinasche in % d. Trocken-substanz.	Angewandte Substanz in Trockensubst.	Rohasche in % d. Trocken-substanz.	Reinasche in % d. Trocken-substanz.
1	23,0070	6,6082	2,1145	—	—	—
2	16,4360	5,8759	2,0662	—	—	—
3	13,7884	6,4329	2,8669	—	—	—
4	9,3745	5,4721	2,2447	—	—	—
5	13,4888	6,3008	2,2211	—	—	—
6	12,1238	6,7647	2,5258	—	—	—
7	12,9982	6,1009	2,4598	—	—	—
8	13,8768	6,1036	2,5049	—	—	—
9	13,2766	6,4577	2,3063	—	—	—
10	14,1529	6,4327	2,0925	5,9765	3,8149	2,4997
11	13,1009	6,8048	2,2856	7,1235	3,2217	2,3583
12	9,9107	6,0332	2,2865	5,6250	4,1066	2,6115
13	10,4918	6,6452	2,8016	5,4755	4,1457	2,4564
14	12,6959	6,5737	2,3936	6,4065	4,1052	2,6738
15	8,2722	5,3837	2,1402	—	—	—
16	13,5983	6,1934	2,3069	5,8260	2,5918	1,8177
17	14,0799	6,4140	2,5439	5,5230	3,0036	2,1528
18	13,8892	5,1271	2,1435	6,6800	3,5479	2,5500
19	12,5389	5,8628	2,1716	6,5855	3,2723	2,4143
20	14,7655	6,7269	2,2412	7,0035	3,6553	2,5758
21	13,8212	5,4582	2,0443	6,3055	3,4414	2,2504
22	14,1268	6,6198	2,4850	7,9425	3,4120	2,5621
23	15,2683	6,8043	2,3321	6,9875	3,5277	2,2454
24	12,8207	5,9698	2,7429	7,4060	3,6997	2,7005
25	13,2787	6,5677	2,4874	5,6545	3,8288	2,4918
26	15,2420	5,4710	2,1481	7,9075	3,6610	2,6622
27	13,5640	5,4338	2,1404	—	—	—
28	13,3470	6,1204	2,4559	6,5170	3,8668	2,7313
29	14,0803	6,5276	2,7009	6,5800	3,2978	2,3480
30	6,3598	6,9094	2,5996	—	—	—
31	15,5120	5,4708	2,1826	—	—	—
32	12,9003	5,3184	2,1008	—	—	—
33	13,0037	6,4322	2,4588	—	—	—
34	19,4025	5,2951	2,3054	—	—	—
35	13,4739	5,6243	2,2349	—	—	—
36	14,3400	5,1352	2,1139	—	—	—
37	12,0471	6,5914	2,2063	—	—	—
38	15,0439	6,1313	2,2163	—	—	—
39	9,8380	5,6047	2,0911	—	—	—
40	14,0801	6,2898	2,4529	—	—	—
41	13,9815	5,6968	2,0885	—	—	—
42	13,9356	5,7096	2,0343	—	—	—
43	13,1060	5,6539	2,2470	—	—	—
44	12,4901	6,7933	2,4659	—	—	—
45	13,3485	6,4539	2,3861	—	—	—
46	14,5133	6,2898	2,4529	—	—	—
47	13,5970	6,1006	2,0959	—	—	—
48	14,3614	6,7681	2,5311	—	—	—
49	14,3327	6,3259	2,8299	7,3595	3,2136	2,4322
50	13,3963	6,2930	2,5380	—	—	—
51	14,7994	6,3955	2,3157	—	—	—
52	14,5574	6,7079	2,3597	—	—	—
53	12,2467	6,6058	2,4986	—	—	—
54	14,0389	6,9956	2,6284	—	—	—
55	13,1089	6,3614	2,0559	—	—	—
56	14,7018	6,5159	2,8194	—	—	—
57	12,0788	6,5504	2,7369	—	—	—
58	12,9308	7,1834	2,9657	—	—	—

Tabelle No. V.

Die Durchschnittsgehalte der ungedüngten Parcellen sind = 100 gesetzt.

Wurzeln.				Körner.	
Phosphorsäure-gehalt.	Stickstoff-gehalt.	Parcelle No.	Düngung.	Phosphorsäure-gehalt	Stickstoff-gehalt.
		4			
		15			
		26			
100,000	100,000	30	0	100,000	100,000
		39			
		49			
		58			
		1			
89,880	91,012	20	1 St.	110,714	108,993
		40			
		2	1 St.		
78,222	90,823	21	+	94,220	112,539
		41	½ P.		
		3	1 St.		
88,841	98,770	22	+	107,609	127,929
		42	1 P.		
		7	¾ St.		
94,382	97,540	23		108,303	102,659
		43			
		5	¾ St.		
96,883	92,526	24	+	110,086	108,423
		44	½ P.		
		6	¾ St.		
94,074	94,418	25	+	109,842	112,412
		45	1 P.		
		10	½ St.		
103,462	99,716	27		101,885	100,253
		46			
		8	½ St.		
102,654	90,633	28	+	110,996	104,116
		47	½ P.		
		9	½ St.		
101,038	99 810	29	+	108,219	105,383
		48	1 P.		
		11			
94,651	92,620	31	½ N.	86,132	91,513
		50			
		12			
93,536	97,634	32	1 N.	100,741	96,643
		51			
		13			
102,500	101,324	33	½ P.	101,369	100,189
		52			
		14			
92,732	100,189	34	1 P.	101,932	111,589
		53			
		16	½ P.		
94,613	97,067	35	+	94,210	109,246
		54	½ N.		
		17	1 P.		
91,612	92,809	36	+	101,585	107,093
		55	1 N.		
		18	1 P.		
98,691	90,589	37	+	103,227	107,283
		56	½ N.		
		19	½ N.		
95,498	94,985	38	+	110,836	102,596
		57	1 N.		

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 059249638